



**Escola Politècnica Superior  
de Castelldefels**

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA



# **TRABAJO DE FIN DE CARRERA**

**TÍTULO DEL TFC: Sistema embarcado de verificación de coberturas**

**TITULACIÓN: Ingeniería Técnica Aeronáutica, especialidad Aeronavegación**

**AUTOR: Andreu González Casaled**

**DIRECTOR: F. Xavier Estopà Mulet**

**FECHA: 15 de septiembre de 2006**

**Título del TFC:** Sistema embarcado de verificación de coberturas

**Titulación:** Ingeniería Técnica Aeronáutica, especialidad Aeronavegación

**Autor:** Andreu González Casaled

**Director:** F. Xavier Estopà Mulet

**Fecha:** 15 de septiembre de 2006

## Resumen

A lo largo de este documento, se muestra el desarrollo de un sistema que permite verificar las coberturas de los centros de comunicaciones tierra-aire. Como el proyecto se realiza en colaboración con la Dirección Regional de Navegación Aérea de la Región Este de Aena, el ámbito del estudio son los principales centros de comunicaciones de esta región: Aitana, Alicante, Barcelona, Bègues, Sòller, Tàrrega y Valencia.

Aunque no se deja de lado la parte teórica, se trata de un proyecto principalmente práctico. Debido a que se persigue un propósito muy concreto, los objetivos y método de trabajo son claros y concisos desde un principio. El método de trabajo que se sigue es el siguiente: primeramente se evalúan las distintas posibilidades técnicas que se tienen para medir las coberturas. Seguidamente, se elige cual de las opciones propuestas se considera la más adecuada y se lleva a cabo el desarrollo de la misma. Finalmente, y para comprobar su funcionamiento, se incluyen los resultados de las pruebas realizadas sobre el terreno, midiendo las coberturas a nivel de suelo de dos de los principales centros de comunicación T/A de la región: Bègues y El Prat.

Inicialmente las opciones que se contemplan para llevar a cabo la verificación de las coberturas son tres. La primera de ellas, se basa en la reinterpretación de datos radar y de comunicaciones voz ya existentes. Esta opción es descartada rápidamente pues no aporta nuevos conocimientos sobre el espacio aéreo. Además, es necesario clasificar la calidad del audio en las conversaciones lo que comporta dos problemas. Por un lado al estar activado el Control Automático de Ganancia la señal ha sido amplificada después de su recepción. Por el otro al decidir sobre la calidad de la voz se introduce una componente de subjetividad que no es aceptable. Las otras dos opciones son diseñar un sistema completo, hardware y software, con la función específica de adquirir datos de cobertura para, más tarde, poder representarlos gráficamente. Aunque bastante parecidas en la forma, ambas opciones presentan grandes diferencias en cuanto a la manera en que se obtienen los datos y el hardware necesario para desarrollarlas. La primera, llamada sistema multirreceptor, se basa en utilizar un par transmisor-receptor para hacer el seguimiento de la señal de cada centro por todo el espacio aéreo. Es

necesario instalar un transmisor en cada centro y que este transmita en una frecuencia exclusiva para poder realizar las medidas. Debido a la existencia del CAG, es imposible realizar una medida directa de la señal de salida de los receptores. Para obtener una medida de la intensidad de campo, se realizan mediciones de la tensión del CAG, pues estas son proporcionales al nivel de campo a la entrada. Estos datos se complementan con los de un receptor GPS que permite conocer la posición en cada momento. Al estar midiendo el campo en cada punto (aunque de forma indirecta), este sistema, permite obtener datos absolutos de cobertura. El último sistema, llamado de receptor único, se basa en la utilización del método de portadoras desplazadas para conseguir captar las señales de todos los centros con un único receptor. En este caso, también es necesario instalar un transmisor en cada centro de comunicaciones pero para diferenciar las emisiones, es necesario que cada transmisor emita un tono distinto. Esta es una opción muy interesante debido a que el hardware necesario es mínimo pero por el contrario, y debido una vez más a la existencia del CAG, sólo permite obtener datos relativos.

Debido a que el sistema a desarrollar debe ser el más eficaz posible y el tiempo es limitado, se opta por el sistema multirreceptor. De este, se lleva a cabo la implementación completa. Para ello, se define una configuración de hardware y posteriormente se estudia el mercado para hallar los dispositivos que mejor cumplen los requisitos y sin perder de vista el coste. Este es un factor muy importante y que debe ser mínimo. Los elementos necesarios son siete transmisores, siete receptores, un módulo de adquisición, un receptor GPS, una antena y un PC, que actuará como núcleo del sistema. Para mantener los costes en el mínimo, se trabaja con parte del material reutilizado y con él se monta el sistema más completo posible. Una vez se ha ensamblado el equipo es necesario diseñar un software específico, que permita adquirir y almacenar los datos aportados por los distintos dispositivos. Este software de adquisición, desarrollado mediante Labview, se basa en la lectura simultánea de los datos provenientes de los distintos periféricos y la correlación entre ellos. De este modo se obtienen todos los valores para cada punto geográfico. Estos datos se guardan en formato de texto y de hoja de cálculo, para poder importarlos más tarde desde cualquier base de datos. Como complemento a todo el sistema, y para poder obtener una primera impresión de los datos obtenidos, se implementa también un pequeño programa que los muestra sobre un mapa. Este software, se basa en la creación de una base de datos. Los datos adquiridos son importados por esta y, en algunos pasos se les da un formato adecuado para poder ser representados gráficamente.

Aunque el sistema del que se obtiene una versión operativa es el multirreceptor, paralelamente al desarrollo de este se trabaja también en el diseño del sistema de receptor único. Esto es posible debido a que este se puede montar con parte del hardware requerido por el sistema anterior. En este caso, al trabajar con un único receptor, no es necesario el módulo de adquisición, pues se puede utilizar una tarjeta de sonido convencional como conversor analógico-digital. Este hecho reduce considerablemente el coste del sistema. Para esta configuración de los equipos, se desarrolla el que podría ser el núcleo del programa de adquisición. Este sistema necesita que los

transmisores instalados en cada centro de comunicaciones transmitan todos distintos tonos, pero modulados dentro del mismo canal. Al recibir todas las señales dentro del mismo canal, es necesario hallar el espectro de la señal captada y analizarlo para diferenciar los tonos generados en cada emplazamiento. Esto se hace mediante una subrutina que aplica la transformada de Fourier para pasar del dominio temporal al frecuencial. Una vez en el dominio frecuencial, se identifican los distintos tonos y se compara con los emitidos desde cada centro. Para los coincidentes se halla la amplitud y se almacenan los datos correspondientes. Si bien este programa no se termina, si que queda en un estado avanzado de desarrollo y sería fácil acabar su implementación en caso que en un futuro se considerase necesario. , Concretamente haría falta implementar la obtención de la posición (ya esta hecho para el otro caso) y definir un formato adecuado para almacenar los datos.

Aunque el sistema no se llega a probar en el aire, durante el desarrollo del mismo, se estudian las posibilidades para llevar a cabo vuelos de adquisición. Con el fin de cubrir la mayor superficie posible, interfiriendo lo mínimo en el tráfico comercial, se diseñan cinco planes de vuelo que, de ser llevados a cabo, permitirían una primer aproximación al mapa de coberturas de la región. De los cinco, hay uno que rodea toda la región en un gran vuelo circular. Los otros intentan, en la medida de lo posible, cubrir los distintos cuadrantes de la región.

Durante el desarrollo del proyecto, se generaron algunos documentos que no tienen cabida en el cuerpo de este informe como son un informe preliminar para la adquisición del hardware, un cartel del proyecto o una presentación del mismo. Los apéndices incluyen toda la información que puede ser de interés, pero cuya inclusión en el cuerpo principal del documento podría hacer su lectura hastiosa; además de la anteriormente mencionada, se incluyen hojas de características del hardware y código de los distintos programas.

En el último capítulo se establecen unas líneas de desarrollo futuro, para el caso hipotético que se deseara obtener una versión comercial del instrumento. En el caso del sistema multirreceptor estas pasan por conseguir una versión aún más compacta y automatizada de los equipos que permita aprovechar vuelos comerciales para realizar la adquisición de datos. En este sentido el desarrollo debería ir dirigido a conseguir un nuevo instrumento independiente que fuese fácilmente transportable y utilizable. En el caso del sistema de receptor único, las líneas de desarrollo pasan por acabar el software y ver de que manera se pueden obtener datos de cobertura absoluta sin la necesidad de añadir al equipo gran cantidad de hardware extra.

Una vez realizado todo el proceso, se llega a la conclusión que es posible obtener en breve, una versión operativa i comercial del sistema desarrollado, sin que esto signifique una gran inversión ni económica.

**Title:** Onboard system for coverage verification

**Degree:** Aeronautical engineering, specialty air navigation

**Author:** Andreu González Casaled

**Director:** F. Xavier Estopà Mulet

**Date:** September, 15th 2006

## Overview

This document shows the development of a system that allows to verify the coverage given by the surface-to-air communication centres. As the project is made in collaboration with the regional air navigation authority of the East Region the main communication centres of this region are studied. Those facilities are Aitana, Alicane, Barcelona, Bègues, Sòller, Tàrraga and Valencia.

Although the theoretical part is no left of side, this is a project mainly practical. Because a very concrete intention is persecuted, the objectives and method of work are clear and concise from a principle. The working method that is followed is the following one: firstly the different technical possibilities for measuring coverages are considered. Next, the better one is chosen and developed. Finally, and for verifying its operation, test results are included. Those tests were done measuring the coverage of two of the main communication centres of the region, Bègues and Barcelona, at ground level.

Initially the options considered to carry out the verification of the coverages are three. The first one is based on using registered radar data and already existing voice communications. This option is discarded quickly because it doesn't contribute in acquiring new knowledge on of the airspace. In addition, it is necessary to classify the quality of the audio registered. This generates two problems. By one side, the existence of the Automatic Gain Control causes that the signal at the receiver exit has been amplified. By the other side, when deciding on the quality of the voice a subjectivity component is introduced and that is not acceptable. The other two options are to design a complete system, hardware and software, with the specific function to collect data of coverages for being able to represent them graphically. Although enough similar in the form, both options display great differences in the way in which the data is acquired and in the hardware necessary to develop the system. First one, called multireceiver system, is based on using a transmitter-receiver pair to make the pursuit of the signal of each centre by all the airspace. It is necessary to install a transmitter in each centre and that this it transmits in an exclusive frequency to be able to make the measures. Because of the existence of the AGC, it's impossible to do a direct measurement of the exiting

signal. In order to obtain a measurement of the field intensity, measurements of the AGC level are made, because these are proportional to the field at the entrance. These data are complemented with those of a GPS receiver that allows to know the position in every moment. When measuring the field in each point (although of indirect form), this system allows to collect absolute coverage data. The last system, called of unique receiver, is based on using the offset carrier method to be able to receive the signals of all the centres with an only receiver. In this case, it's also necessary to install a transmitter in every communication centre but in order to differentiate the emissions, it is necessary that each transmitter emits a different tone. This is a very interesting option due to hardware requirements are reduced to minimum. In the other hand, the existence of the AGC only allows the obtention of relative data.

As the system developed must be the most effective and the time is limited, it is decided on the multireceiver one. The complete implementation of this system is carried out. For it, a hardware configuration is defined and later the market studied to find the devices that better fulfill the requirements, without forgetting the costs. This is a very important factor that has to be minimal. The necessary elements are seven transmitters, seven receivers, one data acquisition module, one GPS receiver, one antenna and a PC, that will be the heart of the system. In order to maintain the costs in the minimum, reused material is used and with it the possible most complete system mounts. Once the hardware has been assembled is necessary to design a specific software, that allows to collect and store the data registered by different devices. This acquisition software is developed with Labview. It is based on the simultaneous acquisition of the data provided by the external devices. This way, all the values for each geographic point are obtained. The data is stored in text and in spreadsheet format in order to export them later from any data base. Complementarily to the rest of the system, a little program that represents the coverage on a map is implemented in order to obtain a friendly way to show the data acquired. This software is based in the creation of a data base. Data is imported by the data base and in few steps, they have the adequate format in order to be graphically represented.

Although the system from which an operative version is obtained is the multireceiver, parallelly to its development some tests with the system of unique receiver are done. This is possible because this system can be assembled with a part of the hardware of the previous system. In this case, when working with an only receiver, the acquisition module is not necessary. Instead of it, it is possible to use a conventional sound card as an analogical-digital converter. This system, also needs a transmitter installed in each communication centre but this time, they have to transmit different tones modulated within the same channel. When receiving all the signal within the same channel, it is necessary to find the spectrum of the global signal and to analyze it in order to differentiate the tones generated in each location. This is done by means of a subroutine that applies the Fourier transform for translating the signal from the time domain to frequency domain. Once in the frequencial domain, the different tones are identified and compared with the emitted ones from each centre. For the coincident ones the amplitude is found and the corresponding data is stored. Although this program is not finished, it is in an

advanced state of development and would be easy to finish its implementation in case that in the future someone considers it necessary. In order to finish it, it would be necessary to implement the obtention of the position data (already this is the same that in the other system) and to define an adequate format to store the data acquired.

Although flying tests were not done, during the development of the system the possibilities of doing some acquisition flights are studied. With the purpose of covering the greater surface, interfering the minimum in the commercial traffic, five flight plans are designed. The data collected in these flights would allow a first approach to the map of coverages of the East Region. There is one that surrounds all the region in a long circular flight. The others try, as far as possible, to cover the different quadrants of the region.

In the last chapter lines for future development are settled down, for the hypothetical case that someone wants to obtain a commercial version of the instrument. In the case of the multireceiver system, it must be necessary to obtain a more compact and automated version. This would allow to use commercial flights to make the data acquisition. By this way the development would have to go in the direction of obtaining a new independent instrument that must be easily transportable and usable. In the case of the system of unique receiver, the lines of development will be oriented to finish the software and to look for a method that allows to obtain absolute coverage data, without the necessity of adding to the equipment a great amount of extra hardware.

Once all the process is made, one reaches the conclusion that the system works and that it is possible to obtain shortly a commercial an operative version of the multireceiver system without this means a great economic investment.



# ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO 1. OBJETIVO.....</b>	<b>4</b>
<b>CAPÍTULO 2. FUNDAMENTOS.....</b>	<b>5</b>
2.1. Estructura i funcionamiento de la red de comunicaciones tierra-aire en la Región Este....	5
2.2. Principios teóricos de los distintos sistemas. ....	8
2.3. Funcionamiento de un receptor AM.....	9
2.4. Método de varios receptores.....	10
2.5. Método de receptor único.....	11
2.6. Comparativa entre los sistemas de receptor único y multirreceptor .....	13
2.7. Sistema combinado.....	14
<b>CAPÍTULO 3. HARDWARE.....</b>	<b>15</b>
3.1. Componentes.....	15
3.1.1. PC.....	15
3.1.2. DAQ.....	15
3.1.3. GPS.....	15
3.1.4. Antena.....	15
3.1.4.1. <i>Instalación</i> .....	16
3.1.5. Inclínómetros.....	16
3.1.6. Receptores.....	16
3.1.7. Transmisores.....	17
3.1.8. Otro material.....	17
3.2. Desarrollo del sistema multirreceptor.....	17
3.3.Desarrollo del sistema de receptor único.....	19
<b>CAPÍTULO 4. DESARROLLO DEL SOFTWARE .....</b>	<b>21</b>
4.1. Programa de adquisición del sistema multirreceptor .....	21
4.1.1. Adquisición de señal.....	21
4.1.2. Adquisición de la posición.....	22
4.1.3. Registro.....	23
4.1.4. Interficie.....	24
4.2. Programa de adquisición del sistema de receptor único .....	25
4.2.1. Adquisición de datos.....	26
4.2.2. Obtención del espectro.....	27
4.2.3. Análisis del espectro y registro.....	28



4.3. Visualización.....	29
4.3.1. Creación de la base de datos.....	30
4.3.2. Coordenadas.....	30
4.3.3. Programa principal.....	31
<b>CAPÍTULO 5. PRUEBAS EN TIERRA .....</b>	<b>33</b>
<b>CAPÍTULO 6. PLANES DE VUELO. ....</b>	<b>37</b>
6.1. FPL 1.....	38
6.2. FPL 2.....	39
6.3. FPL 3.....	40
6.4. FPL 4.....	41
6.5. FPL 5.....	42
<b>CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES.....</b>	<b>43</b>
7.1. Líneas de desarrollo futuro.....	43
7.1.1. Sistema de receptor único.....	43
7.1.2. Sistema de varios receptores.....	43
7.2. Conclusiones.....	44
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>45</b>
<b>APÉNDICES.....</b>	<b>46</b>
<b>A.CARTEL DEL PROYECTO.....</b>	<b>46</b>
<b>B. INFORME PARA LA ADQUISICIÓN DEL HARDWARE.....</b>	<b>47</b>
B.1. Generalidades.....	47
B.2. Sistema multirreceptor.....	47
B.3. Sistema de receptor único.....	48
B.4. Sistema combinado.....	49
B.5. Software.....	50
B.6. Coste del proyecto.....	51
<b>C. HOJAS DE CARACTERÍSTICAS DE LOS DISTINTOS EQUIPOS.....</b>	<b>52</b>
C.1. Inclínómetro.....	52
C.2. Antena.....	56
C.3. GPS.....	57

C.4. DAQ.....	60
<b>D. CÓDIGOS.....</b>	<b>61</b>
D.1. Programa multirreceptor.....	62
D.2. Programa de receptor único.....	63
<b>E. AYUDA DEL PROGRAMA MULTIRRECEPTOR.....</b>	<b>64</b>
E.1. Carga de la aplicación.....	65
E.1.1. Carga del archivo principal.....	65
E.1.2. Carga del menú.....	65
E.1.1. Carga del archivo principal.....	65
E.2. Manejo de la aplicación.....	66
E.2.1. Submenú archivo.....	66
E.2.1.1. Adquirir datos Resumen.....	66
E.2.1.2. Adquirir datos Completo.....	67
E.2.1.3. Camino de salida.....	67
E.2.1.4. Cerrar.....	67
E.2.2. Submenú configuración.....	68
E.2.2.1. Receptores.....	68
E.2.2.2. Avanzada.....	69
E.2.3. Submenú ayuda.....	70
E.2.3.1. Ayuda.....	70
E.2.3.2. Acerca de . . . . .	70
E.3. Errores habituales.....	71
E.3.1. Error en la configuración de un dispositivo.....	71
E.3.2. Dispositivo incorrecto.....	72
E.3.3. Camino de salida incorrecto.....	72
<b>F. AYUDA DEL PROGRAMA DE VISUALIZACIÓN.....</b>	<b>73</b>
F.1. Importación de datos de un fichero de texto a Microsoft Acces 2003.....	73
F.2. Creación de campos auxiliares.....	79
F.2. Consultas de actualización.....	79
<b>G. PLANES DE VUELO.....</b>	<b>81</b>
G.1. FPL1.....	82
G.2. FPL2.....	83
G.3. FPL3.....	84
G.4. FPL4.....	85
G.5. FPL5.....	86

# ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 2.1	Regiones de Información de Vuelo en España.....	5
Fig. 2.2	Distribución de los centros de comunicaciones T-A en la Región Este.....	6
Fig. 2.3	Pantalla de selección de frecuencias de una consola de control.....	7
Fig. 2.4	Esquema de un receptor AM.....	9
Fig. 2.5	Diagrama de bloques del sistema multirreceptor.....	11
Fig. 2.6	Diagrama de bloques del sistema de receptor único.....	12
Fig. 2.7	Espectro de una señal con sus tonos principales.....	13
Fig. 2.8	Diagrama de bloques del sistema combinado.....	14
Fig. 3.1	Bandeja con cuatro receptores .....	18
Fig. 3.2	Detalle de las conexiones del DAQ.....	18
Fig. 3.3	Sistema completo.....	19
Fig. 3.4	Cable que conecta el receptor a la entrada de micrófono del ordenador.....	20
Fig. 4.1	Diagrama de bloques del programa de adquisición.....	21
Fig. 4.2	Subrutina de adquisición de señal del sistema multirreceptor.....	22
Fig. 4.3	Subrutina de adquisición de posición.....	23
Fig. 4.4	Línea de datos en formato txt.....	23
Fig. 4.5	Diagrama de bloques de la estructura del menú.....	24
Fig. 4.6	Pantalla de adquisición de datos del programa para el sistema .....	25
Fig. 4.7	Diagrama de bloques de la estructura del programa para el sistema de.....	26
Fig. 4.8	Adquisición de datos en el programa de receptor único.....	27
Fig. 4.9	Obtención del espectro en el programa de receptor único.....	27
Fig. 4.10	Bloques de análisis y registro del programa de receptor único.....	28
Fig. 4.11	Esquema de bloques del proceso de visualización.....	29
Fig. 4.12	Campos importados en la base de datos con valores.....	30
Fig. 4.13	Campos auxiliares en la base de datos con valores.....	31
Fig. 4.14	Pantalla del programa de visualización.....	32
Fig. 5.1	Bandeja de receptores y DAQ instalados dentro del vehículo.....	33
Fig. 5.2	Antena instalada sobre la cabina del vehículo.....	34
Fig. 5.3	Cobertura del centro de transmisores de El Prat.....	35
Fig. 5.4	Cobertura del centro de transmisores de Bègues.....	36
Fig. 6.1	Representación sobre carta del FIR del plan de vuelo 1.....	38
Fig. 6.2	Representación sobre carta del FIR del plan de vuelo 2.....	39
Fig. 6.3	Representación sobre carta del FIR del plan de vuelo 3.....	40
Fig. 6.4	Representación sobre carta del FIR del plan de vuelo 4.....	41
Fig. 6.5	Representación sobre carta del FIR del plan de vuelo 5.....	42
Fig. B.1	Esquema del sistema multirreceptor.....	48
Fig. B.2	Esquema del sistema de receptor único.....	49
Fig. B.3	Esquema del sistema combinado.....	50
Fig. E.2.1	Pantalla Adquirir datos Resumen.....	67
Fig. E.2.2	Pantalla Adquirir datos Completo.....	67
Fig. E.2.3	Pantalla Camino de salida.....	68
Fig. E.2.3	Pantalla Configuración Receptores.....	69
Fig. E.2.3	Pantalla Configuración avanzada.....	70
Fig. E.3.1	Pantalla de error indicando que no se encuentra un dispositivo.....	71
Fig. E.3.2	Pantalla de error indicando que no se puede cerrar un dispositivo.....	71
Fig. E.3.3	Pantalla de error indicando que no se puede establecer conexión con el GPS.....	72
Fig. E.3.4	Pantalla de error indicando un error en el camino de salida.....	72
Fig. F.1	Campos separados por punto y coma.....	73
Fig. F.2	Pantalla del asistente para la creación de una base de datos. ....	74
Fig. F.3	Pantalla importar.....	74

<b>Fig. F.4</b> Primera pantalla del asistente para la importación de texto.....	75
<b>Fig. F.5</b> Segunda pantalla del asistente para la importación de texto.....	75
<b>Fig. F.6</b> Tercera pantalla del asistente para la importación de texto.....	76
<b>Fig. F.7</b> Cuarta pantalla del asistente para la importación de texto.....	77
<b>Fig. F.8.</b> Quinta pantalla del asistente para la importación de texto.....	78
<b>Fig. F.9</b> Pantalla final del asistente para la importación de texto.....	78
<b>Fig F.10.</b> Ventana para la ejecución o creación de consultas.....	80
<b>Fig F.11.</b> Ventana de diseño de consultas.....	80

<b>Tabla 2.1</b> Características principales de las comunicaciones T/A.....	7
---	---

<b>Tabla 4.1</b> Formato de una línea de datos.....	23
---	----

<b>Tabla 4.2</b> Funciones de cada submenú.....	24
---	----

<b>Tabla B.1</b> Coste de los distinto equipos.....	51
---	----

<b>Tabla E.2.1</b> Resumen de la utilidad de cada submenú.....	66
--	----

## INTRODUCCIÓN

En el espacio aéreo actual, la importancia de la comunicación por voz entre el controlador y el piloto es innegable. En un escenario cada vez más complejo y saturado, y hasta que sean de uso habitual métodos alternativos, es previsible que esta importancia se acentúe. Para asegurar la calidad de esta comunicación es imprescindible disponer de una red de centros de comunicaciones que garantice una cobertura suficiente en todo el espacio aéreo. A lo largo de este documento, se muestra el desarrollo de un sistema que permite verificar las coberturas de los centros de comunicaciones tierra-aire. Como el proyecto se realiza en colaboración con la Dirección Regional de Navegación Aérea de la Región Este de Aena, el ámbito del estudio son los principales centros de comunicaciones de esta región: Aitana, Alicante, Barcelona, Bègues, Sòller, Tàrrega y Valencia.

Aunque no se deja de lado la parte teórica, se trata de un proyecto principalmente práctico. El presente documento consta de siete capítulos y unos apéndices. La estructura de los capítulos es la misma que la que se ha seguido para llevar a cabo la implementación del sistema. Primeramente una definición de los objetivos a conseguir. El segundo capítulo se dedica a hacer una explicación de las distintas opciones de implementación, y de los principios en los que se basa el funcionamiento del sistema. Una vez la base teórica está fijada se prosigue con una descripción de la configuración del hardware y del software implementado. Con el sistema ya montado, se procede a revisar las pruebas que se hicieron en tierra para comprobar el funcionamiento del sistema. En estas pruebas se midió la cobertura a nivel del suelo de los centros de comunicación T/A de Bègues y El Prat. En otro capítulo se explica como deberían realizarse pruebas más completas en su medio de aplicación, el aire. Finalmente, un capítulo más con posibles líneas de desarrollo futuro y las conclusiones a las que se ha llegado tras todo el proceso.

Inicialmente las opciones que se contemplan para llevar a cabo la verificación de las coberturas son tres. La primera de ellas, se basa en la reinterpretación de datos radar y de comunicaciones voz ya existentes. Esta opción es descartada rápidamente pues no aporta nuevos conocimientos sobre el espacio aéreo. Además, es necesario clasificar la calidad del audio en las conversaciones lo que comporta dos problemas. Por un lado al estar activado el Control Automático de Ganancia la señal ha sido amplificada después de su recepción. Por el otro al decidir sobre la calidad de la voz se introduce una componente de subjetividad que no es aceptable.

Las otras dos opciones son diseñar un sistema completo, hardware y software, con la función específica de adquirir datos de cobertura para, más tarde, poder representarlos gráficamente. Aunque bastante parecidas en la forma, ambas opciones presentan grandes diferencias en cuanto a la manera en que se obtienen los datos y el hardware necesario para desarrollarlas. La primera, llamada sistema multirreceptor, se basa en utilizar un par transmisor-receptor para hacer el seguimiento de la señal de cada centro por todo el espacio aéreo. Es necesario instalar un transmisor en cada centro y que este transmita en una

frecuencia exclusiva para poder realizar las medidas. Debido a la existencia del CAG, es imposible realizar una medida directa de la señal de salida de los receptores. Para obtener una medida de la intensidad de campo, se realizan mediciones de la tensión del CAG, pues estas son proporcionales al nivel de campo a la entrada. Estos datos se complementan con los de un receptor GPS que permite conocer la posición en cada momento. Al estar midiendo el campo en cada punto (aunque de forma indirecta), este sistema, permite obtener datos absolutos de cobertura. El último sistema, llamado de receptor único, se basa en la utilización del método de portadoras desplazadas para conseguir captar las señales de todos los centros con un único receptor. En este caso, también es necesario instalar un transmisor en cada centro de comunicaciones pero para diferenciar las emisiones, es necesario que cada transmisor emita un tono distinto. Esta es una opción muy interesante debido a que el hardware necesario es mínimo pero por el contrario, y debido una vez más a la existencia del CAG, sólo permite obtener datos relativos.

Debido a que el sistema a desarrollar debe ser el más eficaz posible y el tiempo es limitado, se opta por el sistema multirreceptor. De este, se lleva a cabo la implementación completa. Para ello, se define una configuración de hardware y posteriormente se estudia el mercado para hallar los dispositivos que mejor cumplen los requisitos y sin perder de vista el coste. Este es un factor muy importante y que debe ser mínimo. Los elementos necesarios son siete transmisores, siete receptores, un módulo de adquisición, un receptor GPS, una antena y un PC, que actuará como núcleo del sistema. Para mantener los costes en el mínimo, se trabaja con parte del material reutilizado y con él se monta el sistema más completo posible.

Una vez se ha ensamblado el equipo es necesario diseñar un software específico, que permita adquirir y almacenar los datos aportados por los distintos dispositivos. Este software de adquisición, desarrollado mediante Labview, se basa en la lectura simultánea de los datos provenientes de los distintos periféricos y la correlación entre ellos. De este modo se obtienen todos los valores para cada punto geográfico. Estos datos se guardan en formato de texto y de hoja de cálculo, para poder importarlos más tarde desde cualquier base de datos. Como complemento a todo el sistema, y para poder obtener una primera impresión de los datos obtenidos, se implementa también un pequeño programa que los muestra sobre un mapa. Este software, se basa en la creación de una base de datos. Los datos adquiridos son importados por esta y, en algunos pasos se les da un formato adecuado para poder ser representados gráficamente.

Aunque el sistema del que se obtiene una versión operativa es el multirreceptor, paralelamente al desarrollo de este se trabaja también en el diseño del sistema de receptor único. Esto es posible debido a que este se puede montar con parte del hardware requerido por el sistema anterior. En este caso, al trabajar con un único receptor, no es necesario el módulo de adquisición, pues se puede utilizar una tarjeta de sonido convencional como conversor analógico-digital. Este hecho reduce considerablemente el coste del sistema. Para esta configuración de los equipos, se desarrolla el que podría ser el núcleo del programa de adquisición. Este sistema necesita que los

transmisores instalados en cada centro de comunicaciones transmitan todos distintos tonos, pero modulados dentro del mismo canal. Al recibir todas las señales dentro del mismo canal, es necesario hallar el espectro de la señal captada y analizarlo para diferenciar los tonos generados en cada emplazamiento. Esto se hace mediante una subrutina que aplica la transformada de Fourier para pasar del dominio temporal al frecuencial. Una vez en el dominio frecuencial, se identifican los distintos tonos y se compara con los emitidos desde cada centro. Para los coincidentes se halla la amplitud y se almacenan los datos correspondientes. Si bien este programa no se termina, si que queda en un estado avanzado de desarrollo y sería fácil acabar su implementación en caso que en un futuro se considerase necesario. , Concretamente haría falta implementar la obtención de la posición (ya esta hecho para el otro caso) y definir un formato adecuado para almacenar los datos.

Aunque el sistema no se llega a probar en el aire, durante el desarrollo del mismo, se estudian las posibilidades para llevar a cabo vuelos de adquisición. Con el fin de cubrir la mayor superficie posible, interfiriendo lo mínimo en el tráfico comercial, se diseñan cinco planes de vuelo que, de ser llevados a cabo, permitirían una primer aproximación al mapa de coberturas de la región. De los cinco, hay uno que rodea toda la región en un gran vuelo circular. Los otros intentan, en la medida de lo posible, cubrir los distintos cuadrantes de la región.

Durante el desarrollo del proyecto, se generaron algunos documentos que no tienen cabida en el cuerpo de este informe como son un informe preliminar para la adquisición del hardware, un cartel del proyecto o una presentación del mismo. Los apéndices incluyen toda la información que puede ser de interés, pero cuya inclusión en el cuerpo principal del documento podría hacer su lectura hastiosa; además de la anteriormente mencionada, se incluyen hojas de características del hardware y código de los distintos programas.

En el último capítulo se establecen unas líneas de desarrollo futuro, para el caso hipotético que se deseara obtener una versión comercial del instrumento. En el caso del sistema multirreceptor estas pasan por conseguir una versión aún más compacta y automatizada de los equipos que permita aprovechar vuelos comerciales para realizar la adquisición de datos. En este sentido el desarrollo debería ir dirigido a conseguir un nuevo instrumento independiente que fuese fácilmente transportable y utilizable. En el caso del sistema de receptor único, las líneas de desarrollo pasan por acabar el software y ver de que manera se pueden obtener datos de cobertura absoluta sin la necesidad de añadir al equipo gran cantidad de hardware extra.

Una vez realizado todo el proceso, se llega a la conclusión que es posible obtener en breve, una versión operativa i comercial del sistema desarrollado, sin que esto signifique una gran inversión ni económica.



## CAPÍTULO 1. OBJETIVO

En la práctica y hasta el momento, todo el conocimiento que se tiene de las coberturas, es el obtenido de las simulaciones numéricas y de la experiencia de controladores y pilotos. Aunque el hecho de que hasta hoy haya sido suficiente con este conocimiento, es la mejor prueba de la exactitud de estos datos, esto puede no ser suficiente en el espacio aéreo futuro. Además, el hecho de basarse en datos empíricos presenta un gran inconveniente: sólo se tienen datos de las zonas que son sobrevoladas habitualmente. Esto, que puede ser suficiente para la operación normal de las aeronaves, no aporta información suficiente para realizar previsiones con total seguridad. Se puede decir que, en nuestro país, actualmente se trabaja resolviendo los problemas una vez estos aparecen, dado que la capacidad de predicción, aunque existente, es muy limitada.

El objetivo de este proyecto es muy concreto: desarrollar un sistema que permita verificar las coberturas radio de los centros de comunicaciones tierra-aire. Como el proyecto se desarrolla en colaboración con la DRNA de la Región Este, el ámbito inicial de trabajo serán los principales centros de comunicaciones de esta zona. Para cumplir este objetivo se deben tener en cuenta los siguientes factores:

- Limitación de tiempo. Dado que se trata de un trabajo de fin de carrera este debe realizarse aproximadamente dentro de un cuatrimestre universitario.
- Limitación de coste. El sistema debe desarrollarse con el coste mínimo, utilizando material ya disponible siempre que sea posible.

El resultado final tiene que ser por una parte el sistema, hardware y software, y por otra, los resultados de las pruebas realizadas. De ser posible la última de estas pruebas debería ser una medición de cobertura que permita realizar una representación gráfica de la misma.

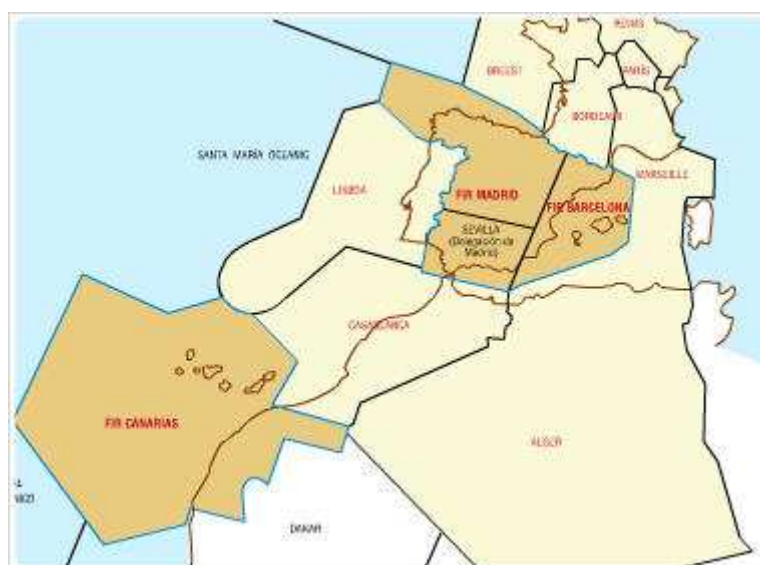
Un sistema de este tipo plenamente desarrollado y los mapas de coberturas que con él se obtengan, permitiría, entre otras cosas:

- Identificar puntos críticos, donde no haya redundancias o estas sean mínimas.
- Facilitar la elección de futuros emplazamientos así como su evaluación.
- Conocer de antemano la cobertura en una zona donde se pretenda habilitar una nueva aerovía
- Verificar la exactitud de las simulaciones numéricas; lo que podría servir para mejorar estos métodos.

## CAPÍTULO 2. FUNDAMENTOS

### 2.1 Estructura i funcionamiento de la red de comunicaciones tierra-aire en la Región Este

El espacio aéreo español, esta dividido en tres Regiones de Información de Vuelo (FIR). Estas son FIR/UIR Madrid, FIR/UIR Barcelona y FIR/UIR Canarias. A su vez, el FIR/UIR Madrid se divide en dos a lo largo del paralelo 39 Norte, quedando la región sur delegada a Sevilla. En España la separación vertical entre Región de Información de Vuelo (FIR) y la Región de Información Superior (UIR) está establecida en el nivel de vuelo FL245.



**Fig. 2.1** Regiones de Información de Vuelo en España

El FIR Barcelona, también llamado Región Este, incluye: Cataluña, la Comunidad Valenciana, Baleares, parte de la región de Murcia y de la Comunidad de Aragón y, una gran zona de las aguas territoriales del Mediterráneo Español. En su interior se encuentran las áreas terminales (TMA) de Barcelona, Palma de Mallorca y Valencia, así como numerosos aeropuertos secundarios: Girona, Sabadell, Reus, Alicante y Murcia-San Javier. El control y la información de vuelo de la Región Este se lleva a cabo desde el Centro de Control de Barcelona, con el apoyo de los servicios que proporcionan las Áreas Terminales de Valencia, Palma de Mallorca y Barcelona.

Para que cualquier aeronave pueda establecer comunicación con los servicios de control e información, la Región Este dispone de una red de centros de comunicación tierra-aire. Esta consta de siete centros principales: Barcelona, Bègues, Tàrraga, Valencia, Sòller, Alicante y Aitana. Además también existen otros centros secundarios que prestan servicios menores.



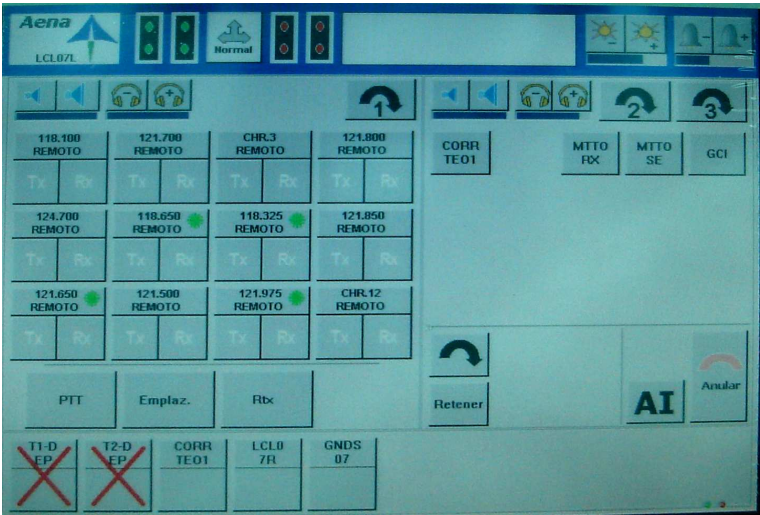
**Fig. 2.2** Distribución de los centros de comunicaciones T-A en la Región Este

Aunque también se usa para dar informaciones regulares necesarias para el vuelo (VOLMET, ATIS), el principal objetivo de la red de comunicaciones tierra-aire es hacer posible la comunicación entre controladores y pilotos. Para garantizar que esta comunicación sea de calidad en cualquier punto del espacio aéreo se usan básicamente dos mecanismos, la redundancia de centros de comunicaciones y la selección de frecuencias.

Para asegurar que la comunicación no se pierde aún cuando un centro de comunicaciones quede fuera de servicio, se establece la redundancia de estos. Los emplazamientos de los centros de comunicaciones se eligen de manera que, cualquier punto de la red de aerovías en primer término y el resto del espacio aéreo después, quede bajo el área de influencia de, al menos, dos centros. Como se puede observar en la figura 2.2 esto se cumple en casi toda la Región Este. La única excepción son las Baleares y las aguas al este de estas donde el único centro existente es Sóller.

Además de estar distribuidos de manera que haya redundancia de coberturas, cada centro de control trabaja con varias frecuencias. Esto permite que si aparecen interferencias en alguna de ellas se pueda pasar a otra rápidamente. Para conseguir que cada frecuencia se pueda utilizar para cubrir una área grande hay dos opciones, transmitirla desde una sola estación a potencias elevadas o transmitirla desde varios emplazamientos. El primer caso no es fácilmente utilizable pues requiere que el segmento de transmisión pueda trabajar a mucha potencia, que las antenas tengan alta ganancia y que los receptores tengan mucha sensibilidad, lo que implica equipos caros. Además, las antenas de alta ganancia implican directividad en el plano horizontal, lo que dificulta la cobertura grandes zonas. El segundo método es el utilizado en las comunicaciones aeronáuticas. Para evitar que las transmisiones de una estación y otra se interfieran entre ellas, se utiliza el método de portadoras desplazadas. Este es un método reconocido por la OACI y debidamente reglamentado en el Anexo 10 (Telecomunicaciones aeronáuticas). Este método

consiste en transmitir con varias portadoras ligeramente desplazadas de una frecuencia central y dentro de en mismo canal (i.e. para un sistema con tres portadoras transmitirá usando las siguientes frecuencias  $F_c-7'3\text{ KHz}$ ,  $F_c$  y  $F_c+7'3\text{ KHz}$ ). La operación con portadoras desplazadas se basa en el efecto captura, que es la capacidad del receptor para seleccionar la portadora recibida con más intensidad y descartar el resto. El método de portadoras desplazadas sólo se utiliza en el enlace ascendente (tierra-aire). En el enlace descendente (aire-tierra) la aeronave utiliza la frecuencia central del canal.



**Fig. 2.3** Pantalla de selección de frecuencias de una consola de control

La selección de frecuencias corresponde al controlador. Al ser este el usuario habitual del sistema, resulta necesario que tenga capacidad para cambiarla si considera que se dará un mejor servicio.

Las comunicaciones aeronáuticas están fuertemente reglamentadas por el anexo 10 de la OACI. Este a su vez está extraído del Reglamento de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT). Las características principales de los sistemas de comunicaciones T/A se resumen en la tabla siguiente.

Tipo de emisión:	Las emisiones en las comunicaciones radiotelefónicas se harán con portadora de onda continua (CW) modulada en amplitud, con banda estrecha (A3E).
Margen de radiofrecuencias:	117,975 a 136 MHz para la Aviación Comercial.  136 a 143 MHz para la Aviación Militar.
Modo de operación:	Dúplex
Separación entre canales:	25 KHz y 8,33 KHz.

Polarización:	Vertical.
Potencia:	La potencia efectiva radiada deberá proporcionar una intensidad de campo mínima de 75 microvolt/m (-109 dBw/m <sup>2</sup> ) dentro de la cobertura operacional de la instalación, en base a propagación en el espacio libre.
Modulación:	> 85%

**Tabla 2.1** Características principales de las comunicaciones T/A

## 2.2. Principios teóricos de los distintos sistemas

Como ya se ha dicho en el capítulo anterior, queremos obtener un sistema con el que obtener información sobre las coberturas en el espacio aéreo. Los datos necesarios para realizar un mapa de este tipo son los valores de intensidad de campo en cada punto del espacio. Un sistema de verificación de coberturas debe ser capaz de realizar medidas de posición e intensidad de campo y, correlacionarlos. A priori, existen tres métodos con los que se puede obtener esta información.

El primero de estos métodos es realizar un mapa con los datos obtenidos de la comunicación entre controladores y pilotos. Escuchando las conversaciones, se puede obtener información de la calidad de las mismas. Estos datos sumados a los obtenidos del radar, son suficientes para dibujar un mapa de coberturas. Este método presenta dos inconvenientes. El principal problema reside en que sólo se dispone de datos de las zonas que ya son sobrevoladas por las aeronaves. Realizando un mapa con esta información sólo se consigue mostrar gráficamente lo que ya se conoce, no aporta nuevos conocimientos sobre el espacio aéreo. El segundo inconveniente es que para evaluar la calidad de las comunicaciones se tiene que recurrir a la capacidad auditiva de una persona. En el caso de una comprensión perfecta de la conversación o de una conversación totalmente incomprensible, esto no tiene ningún inconveniente. En cambio en la comprensión o no de una grabación de mala calidad, interviene la capacidad auditiva de cada persona. Esto añade un grado de subjetividad que no es aceptable para lograr los objetivos.

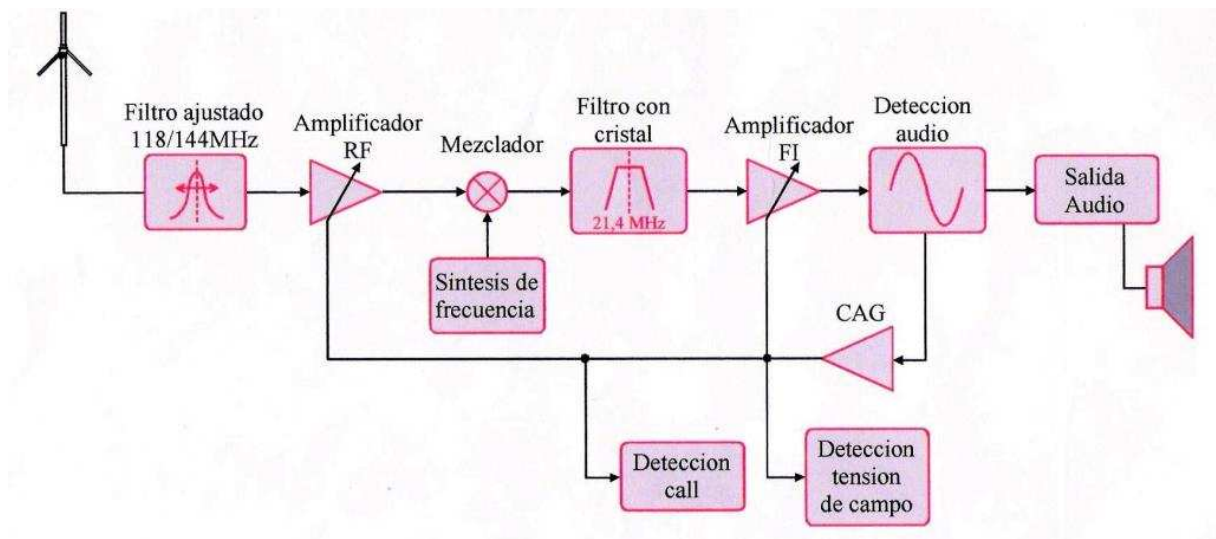
Los dos métodos restantes resultan más interesantes pues permiten verificar las coberturas en cualquier punto del espacio aéreo. Aunque presentan grandes similitudes, la forma en que obtienen la medición de la intensidad de campo es muy diferente. En ambos casos, esta medición se hace a través de receptores de radio AM por lo que es necesario tener conocimiento de cómo funcionan estos aparatos.



### 2.3. Funcionamiento de un receptor AM

La modulación de amplitud (AM), consiste en variar la amplitud de una onda, llamada portadora, en función de una señal analógica que se quiere transmitir. Un receptor AM es un circuito electrónico que capta esta señal a través de una antena y la decodifica hasta obtener la señal analógica original. El receptor más comúnmente utilizado para llevar a cabo este proceso es el llamado receptor superheterodino (E. Armstrong, 1918).

El receptor superheterodino funciona de la siguiente manera. El primer filtro, selecciona el rango de frecuencias con el que se va a trabajar. Este filtro es el que define la banda de aplicación del receptor. La banda usada para comunicaciones aeronáuticas va desde 118 MHz hasta 144 MHz. Posteriormente se amplifica la señal y mediante un mezclador unido a un sintetizador, se disminuye la frecuencia de la señal hasta una frecuencia intermedia (FI). El filtro siguiente ya sólo deja pasar un canal (25 KHz o 8,33 KHz), que posteriormente es amplificado y al que se le aplica la desmodulación. Finalmente se obtiene la salida de audio. El funcionamiento de un receptor radio es lineal, esto es que la salida es proporcional a la entrada. Debido a las variaciones de la señal entrante, la calidad de la señal de salida puede verse afectada. Para mitigar este problema, se utiliza el control automático de ganancia (CAG). El CAG es un circuito en forma de bucle que mantiene la salida del receptor dentro de un rango operativo. Para hacer esto, mide la intensidad de la señal a la salida y automáticamente ajusta los amplificadores de RF y FI. Cuando el señal es fuerte, la ganancia se reduce y cuando el señal es débil, la ganancia aumenta hasta un máximo.



**Fig. 2.4** Esquema de un receptor AM

## 2.4 Método de varios receptores

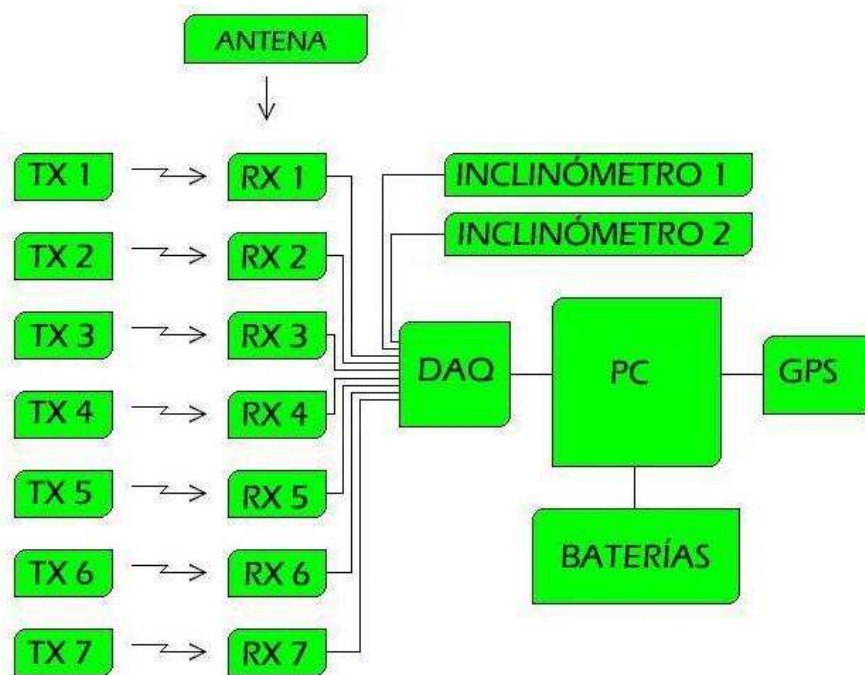
Este sistema, utiliza varios receptores para hacer una medición del valor de la intensidad de la señal recibida por cada uno y correlacionarla con la posición obtenida de un receptor GPS. Este proceso de correlación se hace en un PC mediante un software específico. Para poder trabajar con este ordenador, previamente es necesario introducir en él todos los datos. Para ello, es necesario digitalizar la salida analógica de los receptores mediante una serie de conversores analógico-digitales (CA/D). El sistema además permite conocer la actitud del avión mediante una combinación de datos del GPS y de dos inclinómetros colocados en la dirección de los ejes longitudinal y transversal de la aeronave.

El primer problema que se aprecia al medir la intensidad de señal radio procedente de un centro de comunicaciones tierra-aire, es que las comunicaciones voz entre controladores y pilotos son discontinuas. Esto hace muy difícil su medida. Entonces, lo primero que se debe hacer, es garantizar la existencia de una señal constante para poder hacer su seguimiento en todo el espacio estudiado. Esto se puede conseguir instalando un transmisor en cada emplazamiento a estudiar y conectándolo a los canales normales de salida del centro. Este transmisor se configura de manera que emita un tono en una frecuencia aeronáutica conocida, de este modo se puede captar la señal con un receptor correctamente calibrado. Teniendo esto en cuenta, será necesario un transmisor en cada centro a estudiar emitiendo a una frecuencia distinta, y un receptor para recibirlo.

Como ya se ha dicho antes, para hallar la intensidad de campo radioeléctrico en un punto dado, se utilizan receptores de banda aeronáutica. Debido a la existencia del CAG, el valor de señal a la salida no es representativo de la intensidad de la señal de entrada, que es lo que interesa conocer. Entonces, resulta inútil realizar una medida directa del valor de esta señal. Descartada la posibilidad de realizar una medida directa, sólo queda la opción de medir esa intensidad indirectamente. Para ello se utilizará la salida del CAG, ya que esta es directamente proporcional al valor de señal a la entrada.

Los elementos hardware que componen el sistema de varios receptores son transmisores, antena, receptores, módulo de adquisición (DAQ), inclinómetros, GPS i PC.





**Fig. 2.5** Diagrama de bloques del sistema multirreceptor

Una vez realizada esta medida, es necesario pasarla al PC. Para ello, se utiliza un módulo de adquisición (DAQ), que es una agrupación de CA/D.

La otra medida a realizar, la de la posición, no comporta dificultad alguna, pues se obtiene directamente en formato digital del receptor GPS.

Para conocer totalmente la actitud de la aeronave, es necesario hacer llegar al ordenador los datos de los inclinómetros. Estos pueden ser analógicos o digitales. En caso que sean analógicos, su salida debe pasar también a través del DAQ para ser digitalizada. En caso que la salida de los sensores de inclinación ya sea digital, sólo hay que hacerla llegar al PC a través de uno de los puertos que estén libres.

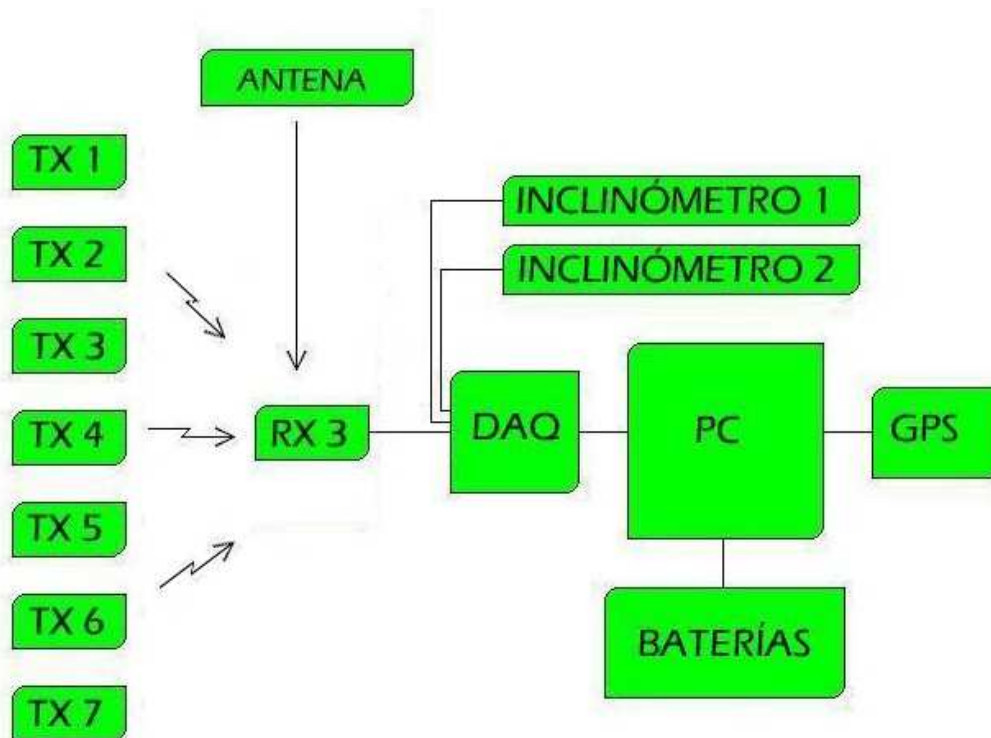
Todas estas mediciones deben obtenerse simultáneamente esto es, en un momento dado debe conocerse la posición del sistema (embarcado en una aeronave), la señal procedente de cada centro emisor y, la actitud del avión. Mediante software, estos datos se organizan en ficheros para que puedan ser utilizados por otras aplicaciones.

## 2.5 Método de receptor único

El tercer y último método con el que obtener datos para elaborar un mapa de coberturas es algo más complejo, a nivel de software, que el anterior, pero como su propio nombre indica requiere menos hardware.

Del mismo modo que en el sistema anterior, para el sistema de receptor único, son necesarios transmisores en cada centro a estudiar. La diferencia está en que en este caso, se configuran los transmisores de manera que emitan todos a una misma frecuencia. Para diferenciar las emisiones se deben configurar de manera que cada transmisor emita un tono distinto. El objetivo de todo esto, es conseguir que todas las emisiones puedan ser captadas por un único receptor. Para lograr esto es necesario utilizar el método de las portadoras desplazadas en este caso para siete frecuencias. Aunque según la normativa de OACI es posible usar hasta cinco portadoras desplazadas, esto puede dar lugar a interferencias y dificultades para diferenciar cada una. Para evitarlas, lo más adecuado es utilizar grupos de dos o tres portadoras.

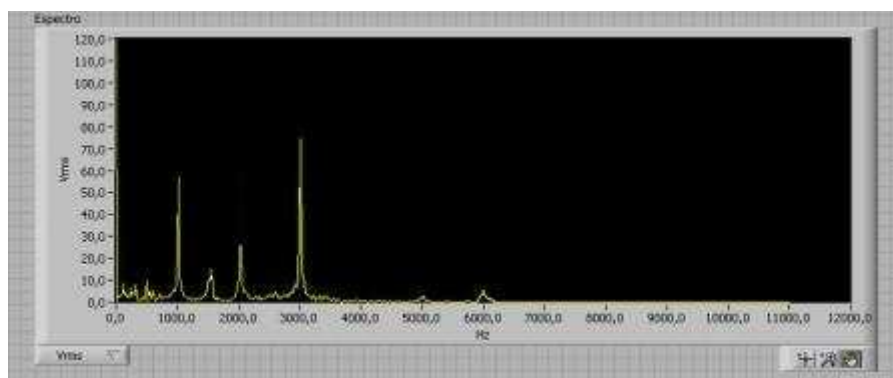
En esta ocasión al poder desmodular todas las señales con un mismo receptor, sólo tendremos una señal de salida. Esta señal será un tono compuesto a su vez por varios tonos, uno procedente de cada emplazamiento. Como toda la información pasa a través del mismo receptor el CAG las afectará por igual, de modo que se puede utilizar la salida de audio del receptor para hacer las medidas de intensidad. Esta salida de audio analógica se debe digitalizar conectándola al DAQ. Como en este caso se utiliza un sólo receptor, se tiene también una única entrada de datos. Vale la pena destacar que, en este caso, se puede sustituir el módulo de adquisición por una única tarjeta de adquisición más sencilla y económica. Llevando esto al extremo, se puede utilizar la entrada de micrófono del PC como tarjeta de adquisición consiguiendo de este modo un sistema considerablemente más barato.



**Fig. 2.6** Diagrama de bloques del sistema de receptor único

Una vez la señal está dentro del PC, es necesario hallar los distintos tonos y medir su amplitud. Para hacer esto, es necesario un software que, basándose en la transformada de Fourier, halle el espectro de la señal de audio recibida. Una vez en el dominio frecuencial, es posible identificar cada tono y medir su amplitud. Como es fácilmente previsible, este programa es sensiblemente más complejo y exige más recursos que el del sistema con varios receptores, pues realiza un tratamiento más complejo de la señal.

Como en el sistema multirreceptor, las medidas de posición y actitud de la aeronaves también deben ser introducidas en el ordenador. Estas se realizan del mismo modo que en el caso anterior. Una vez se tienen todos los datos, estos se organizan en ficheros.



**Fig. 2.7** Espectro de una señal con sus tonos principales

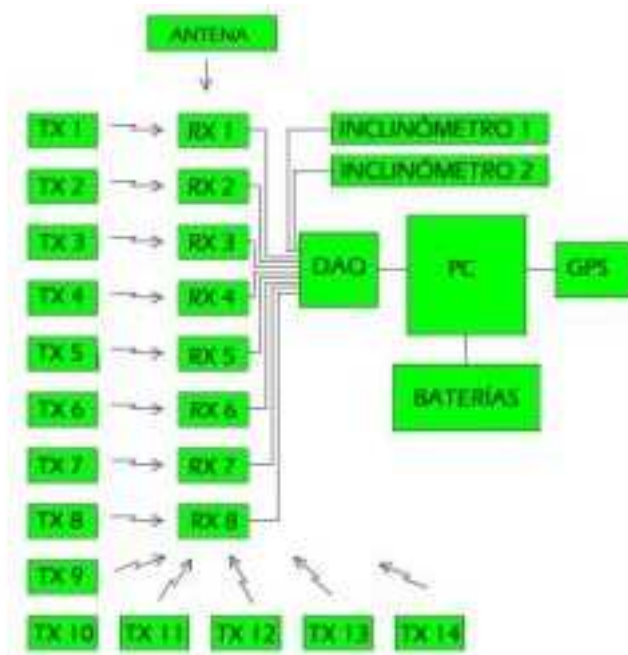
## **2.6 Comparativa entre los sistemas de receptor único y multirreceptor**

Como se ha visto, tanto el sistema de varios receptores como el de receptor único, permiten obtener datos objetivos con los que representar gráficamente las coberturas en cada punto del espacio aéreo. A nivel de hardware, el sistema de receptor único resulta muy interesante pues requiere una cantidad de material mucho menor, lo que se traduce en un sistema más barato, compacto y fácil de mantener. Por el contrario a nivel de software tiene unos requisitos mucho mayores. El hecho de utilizar siete portadoras dentro de un mismo canal puede plantear problemas. Podría darse el caso que, en alguna ocasión, dos de ellas se superpongan y se muy difícil o imposible separarlas.

Estos dos métodos también presentan diferencias a nivel de resultados obtenidos. El sistema de varios receptores, al trabajar con medidas sobre la señal entrante (aunque sea de manera indirecta), ofrece datos absolutos. Por contra el sistema de receptor único, al realizar las medidas sobre la señal saliente (afectada por el CAG), sólo ofrece información relativa. Entonces en un determinado punto no podemos conocer el valor absoluto de la intensidad de campo, sino cual es la relación entre la señal que llega de unos receptores y los otros. Este hecho hace que un mapa realizado con estos datos no sea de tanta utilidad como el que pueda ser realizado con los datos del otro sistema.

## 2.7 Sistema combinado

Como los requerimientos en cuanto a hardware son muy parecidos para ambos sistemas, estos se pueden combinar dando lugar a un sistema que adquiera los datos de las dos maneras. Aunque esto puede no tener mucha utilidad práctica, si que es interesante en un sistema experimental de cara a poder realizar comparaciones entre uno y otro método. En cualquier caso, los datos obtenidos de una y otra manera, no deben mezclarse y deben ser almacenados en ficheros distintos.



**Fig. 2.8** Diagrama de bloques del sistema combinado

## **CAPÍTULO 3. HARDWARE**

### **3.1 Componentes**

A continuación, se hace una breve descripción del material necesario para implementar los sistemas de verificación de coberturas descritos en el capítulo anterior.

#### **3.1.1. PC**

Como el sistema a desarrollar debe ser embarcable, lo más sencillo es utilizar un ordenador portátil como núcleo del mismo. Los requisitos a cumplir por este ordenador son: que soporte el software de desarrollo y, que disponga de puertos suficientes para las distintas entradas de datos que se le suministrarán. Como actualmente se está imponiendo la conexión de periféricos mediante puertos usb, especialmente en ordenadores portátiles (la mayoría ya no tienen puertos serie), se decidió que este sería el protocolo de transmisión para las distintas partes del sistema. Cualquier ordenador portátil disponible en el mercado cumple estos requisitos.

#### **3.1.2. DAQ**

Para poder procesar los datos con un ordenador, estos deben ser digitalizados previamente. Para ello es necesario usar algún tipo de conversor analógico-digital (C/AD). Una vez analizado el mercado, y para poder simplificar la conexión entre estos conversores y el ordenador, se decidió utilizar un módulo de adquisición de datos (DAQ) que integrase suficientes CA/D y que dispusiese de salida USB. Concretamente el módulo elegido fue el Advantech USB-4711. Este dispone de 16 entradas analógicas, que son más de las necesarias, por lo que existirá la posibilidad de ampliar el sistema (ver hoja de características en los apéndices).

#### **3.1.3 GPS**

Para realizar el mapa de coberturas, es necesario conocer en todo momento la posición de la aeronave. Aunque cabe la posibilidad de usar un receptor inalámbrico, es preferible no usarlo pues el sistema final debe ir embarcado en un avión y que, por lo tanto, no debe interferir sus sistemas de navegación. Finalmente se eligió el receptor Haicom Hi 204-III (ver hoja de características en los apéndices).

#### **3.1.4 Antena**

Para poder captar las emisiones de los receptores, y en vista de que la finalidad del sistema es ir embarcado, lo ideal es utilizar una antena carenada

de banda aeronáutica, pensada para ser instalada sobre el fuselaje. Como una antena de este tipo sólo es necesaria para las pruebas en vuelo, puede utilizarse otra durante el desarrollo. Mientras el sistema no deba ser trasladado, puede utilizarse cualquier tipo de antena de banda aeronáutica. En el caso de tener que realizar pruebas con algún vehículo terrestre, se puede utilizar una antena con base magnética para facilitar su instalación. La antena utilizada para las pruebas estáticas es el modelo AT23-392 de Rymsa (ver hoja de características en los apéndices). Para las pruebas en movimiento se utilizó una antena genérica con soporte magnético.

#### **3.1.4.1      *Instalación***

En el momento de pensar en la antena surgen dos posibilidades, la instalación en el interior de la cabina o en el exterior del fuselaje. Por elegancia y para mejorar la recepción es mejor instalarla sobre el fuselaje. Esto puede presentar algunos problemas pues la instalación debe poder ser provisional y las antenas convencionales van atornilladas. Es imposible utilizar alguna de las antenas de banda aeronáutica ya presentes en el avión pues, como parece lógico, están todas ocupadas por algún equipo. Otra opción es obtener un anclaje magnético, pero hay que tener en cuenta que con esto se cierra la posibilidad de usar cualquier aeronave con fuselaje de material compuesto, cada vez más abundantes. Aunque no hay una solución ideal, es posible fijar la antena sobre al ala, y anclada mediante algún sistema de correas que se pueda conseguir o fabricar fácilmente. Antes de volar se debería hacer una estimación del esfuerzo máximo que puede soportar este anclaje y a que velocidad se da para tenerla en cuenta durante los vuelos de adquisición.

#### **3.1.5 Inclinómetros**

Para conocer la actitud del avión se deben usar dos sensores de inclinación situados en el sentido de los ejes longitudinal y transversal de la aeronave. Estos deberían poder ir montados y calibrados sobre el rack de soporte pues resulta complejo situarlos sobre la estructura del avión. Hay que tener en cuenta la salida de estos sensores para poder introducirla en el PC. Si es analógica, debe haber canales libres en el módulo de adquisición. Si es digital, debe haber puertos libres en el ordenador. Los inclinómetros elegidos fueron los de la serie H4 de Rieker (ver hoja de características en los apéndices).

#### **3.1.6 Receptores**

Para implementar este sistema, es válido cualquier tipo de receptor aeronáutico. En cualquier caso, y debido a que se van a realizar mediciones del voltaje dado por el CAG, es interesante que el rango de este sea el máximo posible para poder realizar las medidas con más precisión.

### 3.1.7 Transmisores

Del mismo modo que con los receptores, cualquier receptor aeronáutico es válido para el sistema de verificación. En cambio, los transmisores no son absolutamente necesarios para llevar a cabo el desarrollo de modo que no hace falta disponer de ellos en un primer momento. Hasta que se llega a la parte experimental, se pueden utilizar generadores de señal o señales ya existentes en el aire para hacer las pruebas pertinentes.

### 3.1.8 Otro material

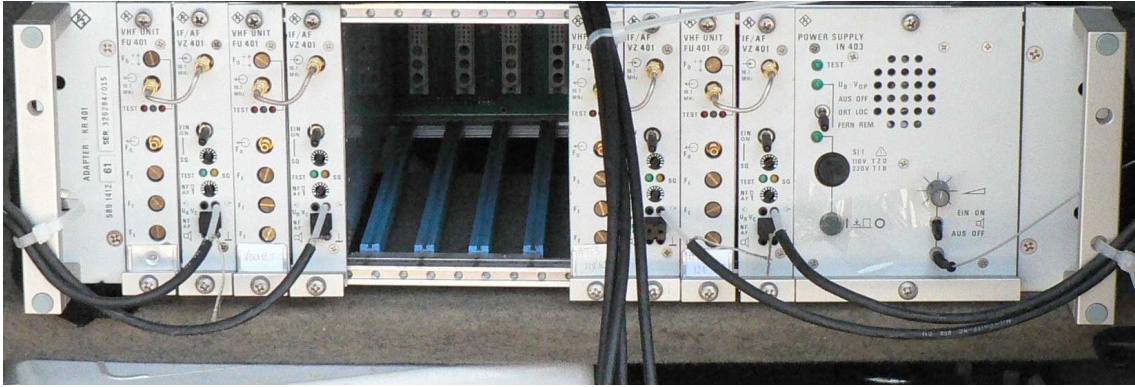
A parte del hardware ya considerado, para obtener un sistema completo y embarcable aún es necesario dotarlo de un sistema de energía y de un soporte. En un primer momento sólo se consideró que sería necesario algún tipo de baterías y fuente de alimentación que permitiese funcionar a los receptores. De ser posible estas baterías también deberían poder alimentar el PC, pero para los ensayos sería suficiente con las baterías del mismo. El módulo de adquisición y el gps, al ir conectados por puerto USB, se alimentarían a través del ordenador.

Como soporte para todo el sistema, fue cedido un pequeño rack con ruedas. Aunque, como se vio más tarde, no era la mejor opción para una versión definitiva, sirvió para sostener todo el equipo hasta casi el final del proceso de desarrollo.

## 3.2. Desarrollo del sistema multirreceptor

El sistema ensamblado y con el que se han realizado pruebas sobre el terreno es una versión del sistema multirreceptor. Este consta de una bandeja con cuatro receptores monocanal VHF EU 401 de Rhode & Schwarz. Estos son receptores analógicos, por lo que es necesario que su salida sea digitalizada para ser introducida al PC. Para llevar a cabo la digitalización, el sistema contiene un módulo de adquisición Advantech USB-4711. Este módulo dispone de 16 entradas analógicas por lo que quedan muchas libres de cara a posibles ampliaciones del sistema. Otra ventaja de este módulo es que se conecta al ordenador a través del puerto USB. Esta es una característica muy interesante pues muchos de los ordenadores portátiles que están hoy en día en el mercado, sólo disponen de este tipo de puertos.





**Fig. 3.1** Bandeja con cuatro receptores

La conexión entre los receptores y el DAQ se hace a través de cables coaxiales. En las primeras versiones del sistema se utilizó cable trenzado pero la existencia de interferencias obligó a buscar alternativas. Para intentar solucionar este problema, se intentaron utilizar toros de ferrita, pero los resultados no fueron tan buenos como se esperaba. Finalmente, se decidió utilizar los cables coaxiales como la mejor opción para mitigar las interferencias.



**Fig. 3.2** Detalle de las conexiones del DAQ

Como ya se ha dicho en el apartado anterior, los datos de posición se obtienen mediante un receptor GPS Haicom Hi 204-III. Este receptor tiene la ventaja que también se conecta al PC a través del puerto USB.

El ordenador utilizado para el ensamblaje del sistema es un Acer Aspire 1640 con un procesador Intel Centrino a 1'73 MHz y con 1024 Mb de memoria RAM. La elección de este PC como núcleo del sistema fue casual. El sistema podría funcionar con procesadores mucho más lentos y con menos memoria RAM.

Las necesidades de alimentación del sistema son mínimas debido a que tanto el GPS como el DAQ se alimentan a través del puerto USB. Con las baterías del ordenador portátil completamente cargadas sólo es necesario disponer de

una fuente de 12 V a 3A para alimentar la bandeja de receptores. Obviamente, el hecho de tener que suministrar corriente a los periféricos acorta la vida de las baterías del ordenador. En esta configuración el sistema tiene una autonomía de algo más de una hora.

Para facilitar su traslado el sistema está montado sobre un rack con ruedas.



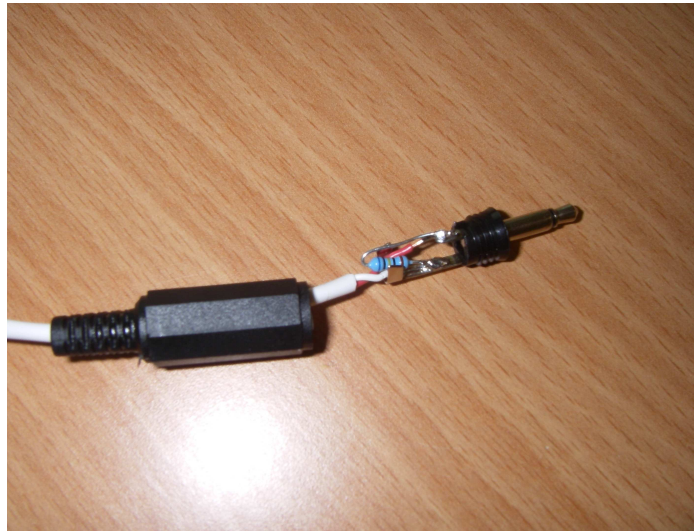
**Fig. 3.3** Sistema completo

### **3.3. Desarrollo del sistema de receptor único**

Como ya se ha dicho en su descripción teórica, este sistema consta de un único receptor que capta las emisiones de todos los emisores instalados. El hecho de trabajar con un solo receptor, es muy ventajoso. Por una parte, esta el hecho mismo de no necesitar muchos receptores, que son, junto con los transmisores, el equipo más caro de cuantos componen el sistema. Por otro lado, está el hecho de que al tener sólo una entrada analógica, esta se puede digitalizar mediante una sencilla tarjeta de sonido, como la que incluyen casi todos los PCs del mercado. Esto permite tener un sistema muy compacto y barato.

Para transferir los datos de audio de la salida del receptor al PC, es necesario un cable específico. Como no se disponía del mismo, este fue montado

durante, de manera que se adaptase a la impedancia de entrada de la tarjeta de sonido (unos 600 Ohmios).



**Fig. 3.4** Cable que conecta el receptor a la entrada de micrófono del ordenador

Al estar trabajando con la entrada de micrófono, hay que tener en cuenta que esta suele estar alimentada. Es necesario bloquear esta alimentación para poder realizar las medidas correctamente. En caso que la tarjeta de sonido disponible no tenga esta opción, es necesario realizar la conexión usando la línea de entrada (Line in).

A parte de lo ya mencionado, el resto del hardware es el mismo que para el sistema multirreceptor.

## CAPÍTULO 4. DESARROLLO DEL SOFTWARE

En este capítulo se ofrece una breve descripción de la forma en que está implementado el software. Se describen los distintos bloques en que está organizado y su estructura interna. Por razones de espacio tanto el código completo como los manuales pueden ver en los apéndices.

### 4.1. Programa de adquisición del sistema multirreceptor

Dentro del sistema, el software de adquisición tiene la función de dar a los distintos datos un formato adecuado para que puedan ser usados por otros programas. Para ello, primeramente es necesario que la información sea adquirida correcta y simultáneamente. Como se ha visto, todos los periféricos se relacionan con el PC a través de puertos USB.

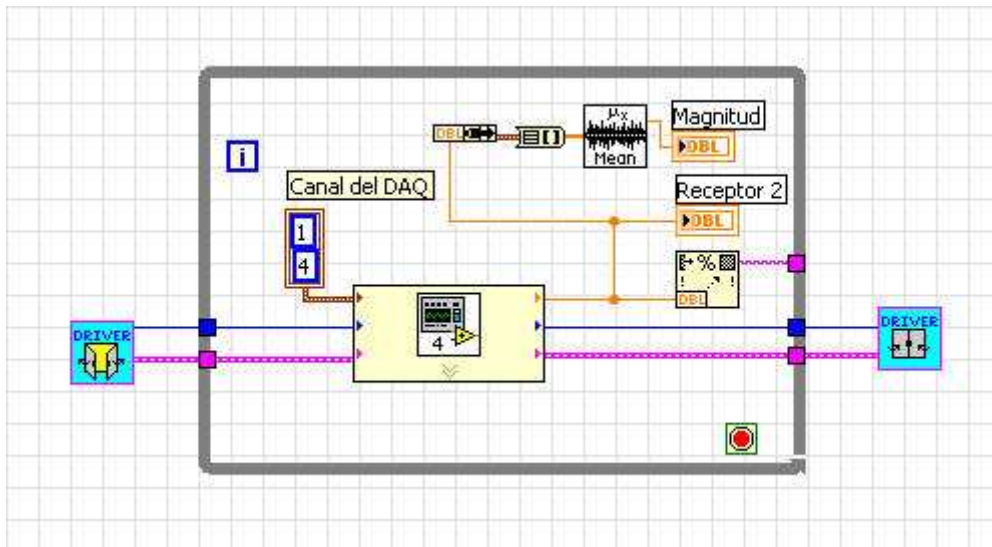
El programa principal está organizado en tres grandes bloques. Por una parte está la adquisición de datos de los receptores, por otra la adquisición de datos de posición y, finalmente, el bloque que agrupa, da formato y graba la información en ficheros.



**Fig. 4.1** Diagrama de bloques del programa de adquisición

#### 4.1.1. Adquisición de señal

La adquisición de datos de cobertura se hace a través de un puerto USB. A este llegan todos los datos procedentes del DAQ. Para desarrollar el sistema se dispuso de una bandeja con seis receptores de modo que el programa se implementó para este número de dispositivos. Con los drivers disponibles, cada canal del DAQ se trata como un dispositivo independiente de modo que se desarrolló una subrutina que se repite seis veces en el interior del bucle principal.



**Fig. 4.2** Subrutina de adquisición de señal del sistema multirreceptor

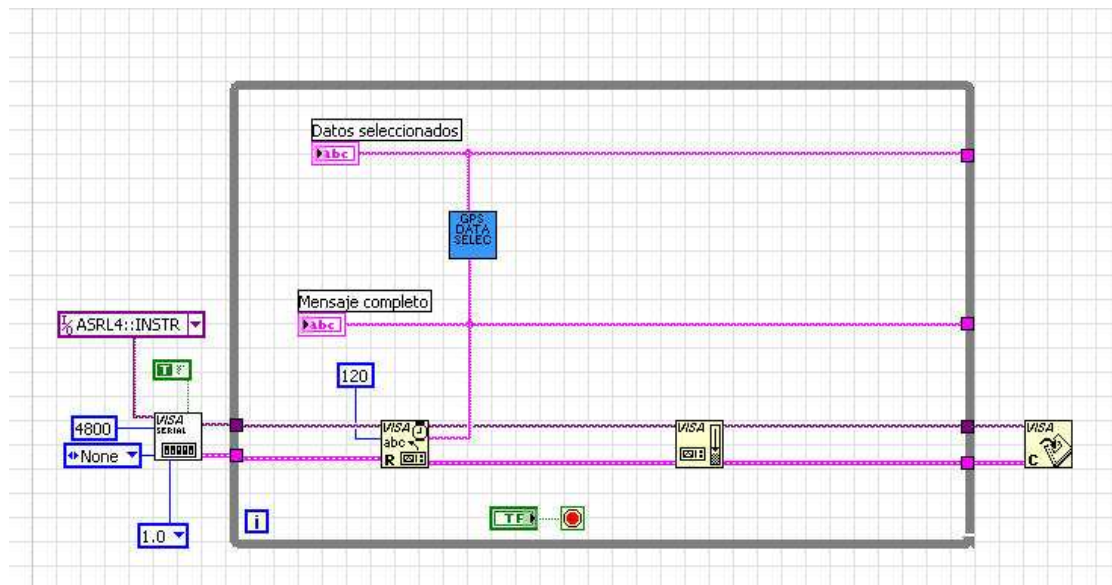
Esta subrutina está estructurada de la siguiente forma. Primero se abre la comunicación con el dispositivo. La información de este entra en un bucle tipo `do_while` en el centro de la cual se encuentra una subrutina de transferencia de datos. Los parámetros de entrada de esta subrutina son por un lado el canal del DAQ que se va a usar y un número del 0 al 6 indicativo del rango que van a tener los datos de salida, por otro el puerto por el que se va a establecer la comunicación y, finalmente, si se ha generado algún error. Los parámetros de salida de la subrutina son la información solicitada, el puerto por el que se establece la conexión, y el error generado. Una vez obtenidos los datos del DAQ, estos se representan en forma gráfica (onda) y en forma numérica (el valor medio). Además estos datos son un parámetro de salida que es la que utiliza el bloque de registro para generar los archivos. Finalmente en el exterior del bucle se cierra el puerto.

#### 4.1.2. Adquisición de la posición

Para obtener los datos de posición del equipo, es necesario establecer comunicación con el receptor GPS. La estructura de este bloque es la siguiente. Primeramente se abre el puerto y se establece comunicación con el dispositivo. Como no existen drivers específicos para este dispositivo, es necesario mandar a la subrutina toda la información necesaria para la correcta gestión del puerto como son el número del mismo, la velocidad de transmisión, la paridad y los bits de parada. Una vez establecida la comunicación, se entra en un bucle tipo `do_while` dentro del que se recibirán los datos transmitidos por el GPS. De las sentencias transmitidas por el GPS, sólo se utiliza la GGA (según el estándar NMEA). Gracias a una subrutina de selección de datos creada expresamente para esta función, se seleccionan los datos de tiempo, longitud, latitud, altura y número de satélites utilizados para realizar las mediciones. Estos datos se muestran por pantalla y forman parte de los parámetros de salida de la subrutina, para ser utilizados por el bloque de



registro. Aunque sólo se utiliza el mensaje de formato GGA, a petición del usuario se pueden mostrar todos los mensajes completos. Una vez finalizado el proceso, se vacía el buffer, se sale del bucle, y se cierra el dispositivo.



**Fig. 4.3** Subrutina de adquisición de posición

### 4.1.3. Registro

Una vez se tienen todos los datos, estos tienen que ser organizados en ficheros. Para ello, es necesario organizar los datos en función del formato deseado a la salida. Este programa graba los datos obtenidos en dos ficheros uno en formato txt y otro en formato xls. Una línea de datos tiene el siguiente formato \$<1>,<2>,<3>,<4>,<5>,<6>,<7>,<8>,<9>,<10>,<11>,<12>,<13>,<14>

\$11/07/2006,6.008793,6.111382,6.614558,0,0,0,105639.000,4117.2256,N,00200.4623,E,06,10.5

**Fig. 4.4** Línea de datos en formato txt

Campo	Ejemplo	Descripción
\$	\$	Carácter de inicio de línea
1	11/07/2006	Fecha en que se realiza la adquisición
2	6.008793	Intensidad del campo recibido por el receptor 1
3	6.111382	Intensidad del campo recibido por el receptor 2
4	6.614558	Intensidad del campo recibido por el receptor 3
5	0	Intensidad del campo recibido por el receptor 4
6	0	Intensidad del campo recibido por el receptor 5
7	0	Intensidad del campo recibido por el receptor 6
8	105639.000	Hora en formato UTC
9	4117.2256	Latitud en formato ddmm.mmmm

		Se transmiten todos los ceros
10	N	Indicador del hemisferio para la latitud "N" = norte, "S" = sur
11	00200.4623	Longitud en formato dddmm.mmmm
12	E	Indicador del hemisferio para la longitud "E" = este, "W" = oeste
13	06	Número de satélites a la vista De 0 a 12
14	10.5	Altura del receptor sobre el nivel medio del mar

**Tabla 4.1** Formato de una línea de datos

#### 4.1.4. Interficie



**Fig. 4.5** Diagrama de bloques de la estructura del menú

La interficie con el usuario se lleva a cabo a través de un menú. Este esta programado como un bucle exterior al resto de bloques y esta estructurado en tres submenús Archivo, Configuración y Ayuda. Cada uno tiene a su vez otros apartados cuya función viene explicada en la tabla siguiente.

Submenú	Apartado	Subapartado	Función
Archivo	Adquirir Datos	Resumen	Muestra la pantalla de adquisición resumida
		Completo	Muestra la pantalla de adquisición completa
	Camino de salida		Permite cambiar el directorio de salida y el nombre de los archivos que se generarán
	Cerrar		Cierra el programa
Configuración	Receptores		Permite seleccionar los receptores que se van a utilizar para la adquisición
	Avanzada		Permite cambiar la configuración de los



			puertos
Ayuda	Ayuda		Abre la ayuda
	Acerca de...		Información sobre la versión del programa

Tabla 4.2 Funciones de cada submenú

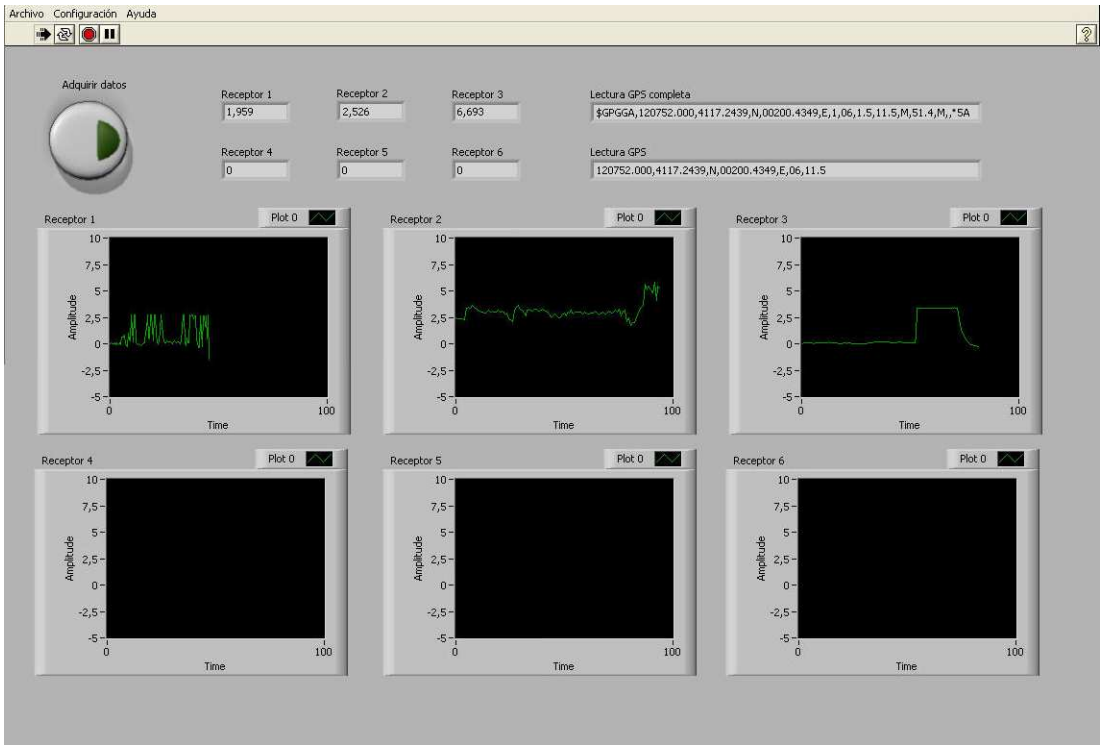


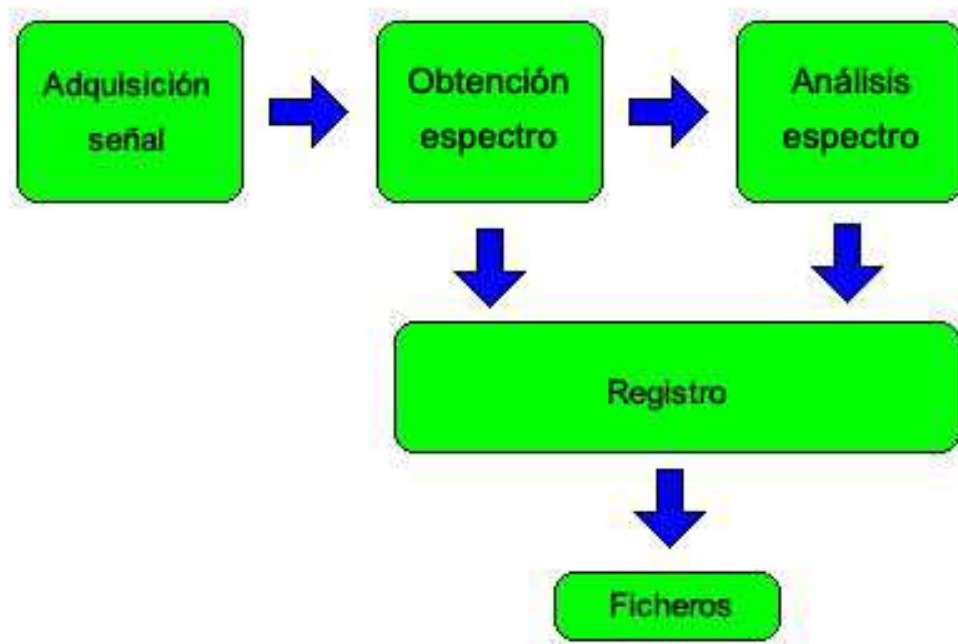
Fig 4.6 Pantalla de adquisición de datos del programa para el sistema multirreceptor

4.2. Programa de adquisición del sistema de receptor único

El desarrollo del sistema de receptor único se interrumpió para seguir trabajando en el sistema de varios receptores. Esto se hizo así, pues se sabía de antemano que con este sistema, no era posible llegar a obtener medidas absolutas de cobertura. Aún así, el software quedó en un estado tan avanzado de implementación, que resulta interesante entretenerse un momento en su descripción.

El software del sistema de receptor único es considerablemente más complejo que el del sistema de varios receptores. Al tener sólo una entrada de datos, la información recibida de cada transmisor se confunde con el resto, siendo necesario separarlas para poder realizar las medidas de amplitud.

El programa esta organizado en cuatro bloques: Adquisición de señal, obtención del espectro, análisis del espectro y registro.

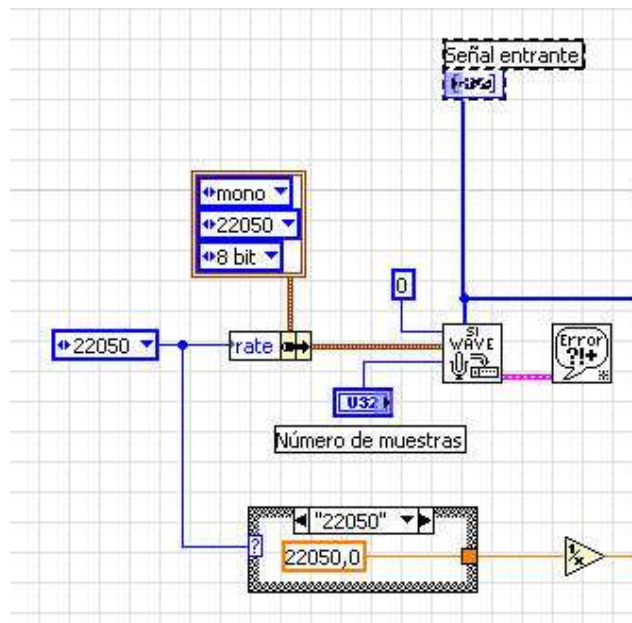


**Fig. 4.7** Diagrama de bloques de la estructura del programa para el sistema de receptor único.

A diferencia del software del sistema multirreceptor, los distintos bloques no están completamente segregados. Debido a los datos que se guardan, los bloques de análisis y registro están muy unidos dificultándose así su visión por separado.

#### 4.2.1. Adquisición de datos

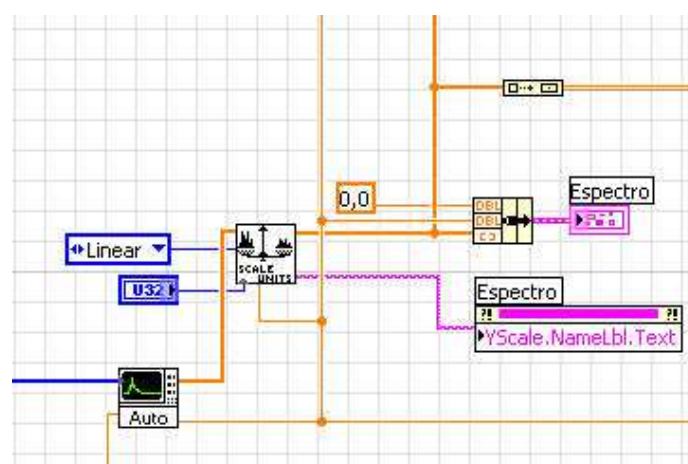
Al estar trabajando con una señal de audio, la adquisición de datos se hace con las subrutinas existentes para las señales del micrófono. Son parámetros de entrada de esta subrutina las características de la señal de audio y la frecuencia de muestreo. A la salida, obtenemos el error y la señal. En este bloque también se hace el cálculo del diferencial de frecuencia, para poder escalar correctamente el espectro en el bloque siguiente.



**Fig. 4.8** Adquisición de datos en el programa de receptor único

#### 4.2.2. Obtención del espectro

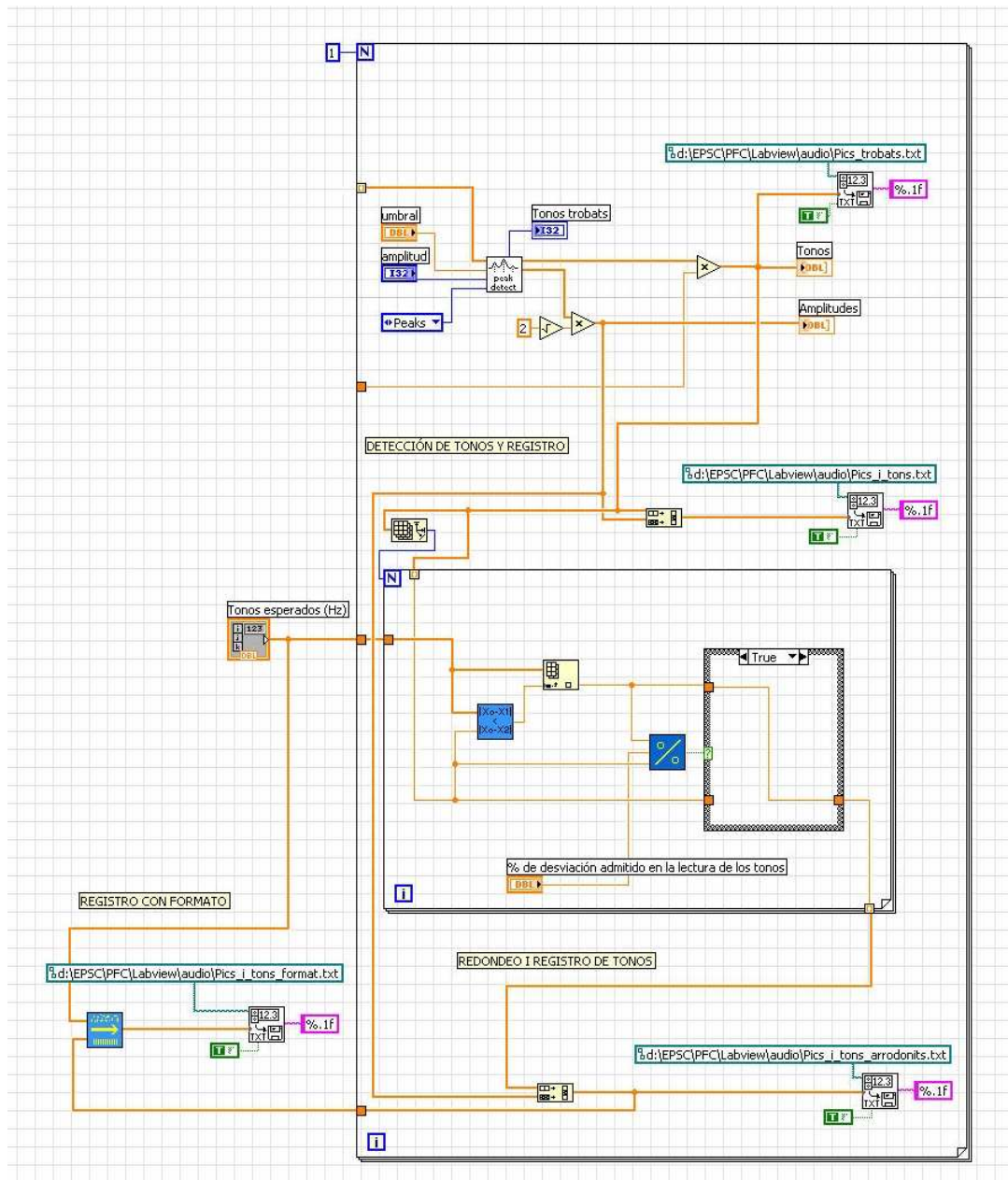
Una vez adquirida la señal de audio, el espectro de esta debe ser hallado. Para ello se utiliza una de las subrutinas estándar de Labview para trabajar en el dominio frecuencial. Para poder trabajar correctamente con el espectro obtenido es necesario escalarlo en función de la tasa de muestreo que se haya elegido en el bloque anterior.



**Fig. 4.9** Obtención del espectro en el programa de receptor único

### 4.2.3. Análisis del espectro y registro

El análisis de los datos se divide en dos partes: en la primera se identifican todos los picos del espectro y se mide su amplitud. En la segunda, se comparan los picos hallados con aquellos que se desea encontrar y se seleccionan los coincidentes. Se supone que los tonos buscados pero no encontrados no llegan al receptor con una intensidad suficiente y se les da valor nulo.



**Fig. 4.10** Bloques de análisis y registro del programa de receptor único

Al estar trabajando con una señal analógica digitalizada, puede que los picos que el software identifica no estén en la posición adecuada, sino que hayan

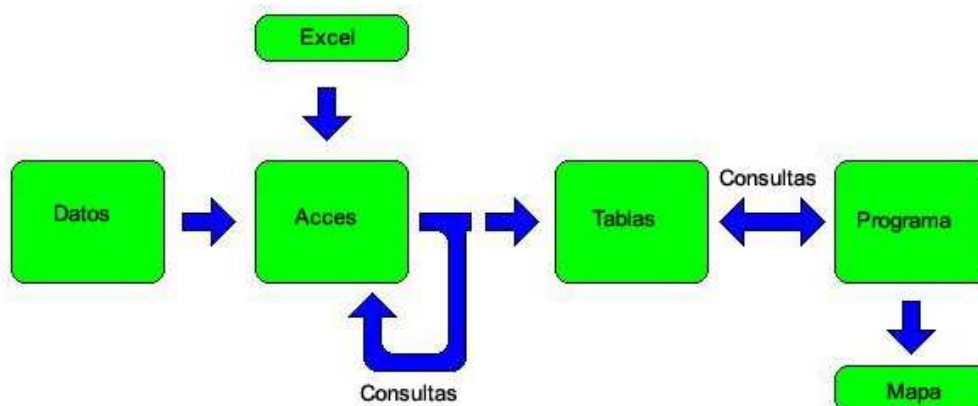
quedado ligeramente desplazados. Para resolver este problema, es necesario establecer una cierta tolerancia. Esta se introduce mediante dos subrutinas desarrolladas específicamente para este caso, y puede ser elegida por el usuario. Al realizar medidas durante las pruebas con el sistema, se comprobó que un valor adecuado para esta tolerancia estaba entre el 3% y el 4%.

Como el desarrollo de este software se interrumpió, no se llegó a una versión completamente operativa. En este sentido, los datos que se almacenan en el bloque de registro son más de los que serían estrictamente necesarios para estudiar las coberturas. En el software que se entrega se graba el espectro completo, todos los picos hallados y su amplitud y, finalmente, todos los tonos buscados con la amplitud recibida.. También debido a la interrupción en el desarrollo del programa, la parte de adquisición de datos de posición no se implementó, aunque esto sería sencillo pues está implementada en el sistema multirreceptor.

### 4.3. Visualización

Aunque los ficheros de datos que se obtienen del software de adquisición reflejan perfectamente la calidad de las coberturas estudiadas, no permiten realizar un análisis rápido. Para completar el sistema, es necesario disponer de una herramienta que permita interpretar los datos cómodamente. Lo más adecuado es mostrar esta información gráficamente de manera que, sea sencillo obtener una primera impresión.

La representación gráfica de los datos se realiza mediante un pequeño programa. Este se basa en una base de datos desde donde se importan los datos obtenidos del software de adquisición. Para mejorar la velocidad de tratamiento de los datos, todas las operaciones y consultas se realizan en ella de manera que el programa solo muestre el resultado.



**Fig. 4.11** Esquema de bloques del proceso de visualización

### 4.3.1 Creación de la base de datos

Para que el programa principal pueda mostrar resultados, es necesario montar una base de datos adecuada. Esta debe estar creada con Microsoft Access 2003. A continuación se expone de manera superficial el proceso de creación de la base de datos. Para una explicación más detallada consultar los apéndices.

Primeramente es necesario importar los datos procedentes del programa de adquisición. Los dos formatos en que el programa de adquisición graba la información, texto y hoja de cálculo, son validos para realizar esto.

ID	\$data	sreceptor1	sreceptor2	sreceptor3	sreceptor4	sreceptor5	sreceptor6	horaUMTS	latitud	n/s	longitud	e(o)	n_satlits	alsada
1152	\$20/07/2006	-1.446019	-3.727406	1.201759	0.742560	0	0	101412.000	4119.5336	N	00155.5307	E	07	375.9
1153	\$20/07/2006	-2.144602	-2.896922	1.463674	1.275037	0	0	101414.000	4119.5431	N	00155.5340	E	07	377.0
1154	\$20/07/2006	-1.963850	-3.038693	1.928653	1.346315	0	0	101416.000	4119.5532	N	00155.5384	E	08	376.1
1155	\$20/07/2006	-2.237421	-3.854421	1.162677	0.691109	0	0	101418.000	4119.5625	N	00155.5418	E	08	376.8
1156	\$20/07/2006	-1.201759	-4.782609	0.390816	-0.254030	0	0	101420.000	4119.5715	N	00155.5449	E	07	377.2
1157	\$20/07/2006	-0.254030	-4.421104	0.503175	-0.117245	0	0	101422.000	4119.5810	N	00155.5482	E	07	377.0
1158	\$20/07/2006	-0.415242	-2.252076	1.607230	1.172447	0	0	101424.000	4119.5911	N	00155.5519	E	07	376.5
1159	\$20/07/2006	-2.203224	-3.361016	1.568378	0.952614	0	0	101426.000	4119.6016	N	00155.5559	E	08	375.3
1160	\$20/07/2006	-2.721055	-3.375672	1.460674	0.864680	0	0	101428.000	4119.6123	N	00155.5599	E	08	373.6

**Fig. 4.12** Campos importados en la base de datos con valores

Una vez estos datos ya están tabulados, es necesario igualar a cero cualquier dato de altura o cobertura que sea negativo. Estos datos no tienen sentido pero dadas las características del hardware utilizado en el proceso de adquisición es posible que aparezcan. Igualando a cero su valor, se les da sentido físico y se evitan problemas de salida de rango en el software. Para hacer esto de modo sencillo, se utilizan las consultas de actualización que permiten reemplazar valores que cumplan ciertos requisitos.

Una vez realizado este proceso hay que añadir ciertos campos que se usarán para realizar la adaptación de las coordenadas a la escala del mapa. Este proceso, aunque no es complejo, si que es laborioso, por la cantidad de pasos que hay que dar.

Los campos auxiliares tienen que crearse manualmente. Para simplificar este proceso de cálculo se ha utilizado Microsoft Excel.

### 4.3.2. Coordenadas

Para conseguir representar las posiciones geográficas correctamente sobre el mapa, es necesario realizar todo un proceso de conversión de las mismas. Los datos de posición están guardados tal i como el gps los obtiene, esto es en grados (g) y en minutos (m) de arco, en el formato siguiente:

- Longitud gggmm.mmmm
- Latitud gggmm.mmmm

Para poder dibujar sobre el mapa, es necesario convertir estos datos a píxeles. Para realizar esto utilizan los campos auxiliares de la base de datos restalat y



restalong. Estos se obtienen como la diferencia en grados de la longitud y latitud de cada punto respecto del origen que se fija en el mapa. El primer paso es poner los datos de posición solo en grados. Para la latitud se utiliza la fórmula siguiente

$$\text{Posición (°)} = \text{gg} + \left( \frac{\text{mm.mmmm}}{60} \right) \quad (4.1)$$

La fórmula para el caso de la longitud es análoga. Esta fórmula se resuelve en varios pasos. Primero se separan los grados de los minutos y se guardan en campos distintos. Seguidamente se transforman los minutos en grados y finalmente se suman con los grados iniciales .

nsat	alsada	restalat	restalong
07	10,2	2,475655	0,45674
07	11,6	2,47579	0,456723333
07	13,2	2,475945	0,456715
06	14,3	2,476113333	0,456698333
07	15,4	2,476263333	0,456653333
08	16,9	2,476395	0,456531667
08	18,9	2,476516667	0,456373333
08	20,9	2,47662	0,456243333
08	22,8	2,476713333	0,456203333
08	24,4	2,476783333	0,456295
07	25,8	2,476838333	0,456453333

**Fig. 4.13** Campos auxiliares en la base de datos con valores

Una vez se dispone de la posición en este formato, es necesario referenciarla respecto del mapa. Para ello, se establece un origen de coordenadas en el mapa y se calcula la diferencia de los puntos respecto de este, que es el valor que se guardará en los campos auxiliares restalat y restalong.

Finalmente, y ya en el programa principal, se hace una equivalencia entre los grados en el nuevo sistema de coordenadas y los píxeles del mapa.

### 4.3.3. Programa principal

El programa principal es una sencilla interficie donde se pueden seleccionar los datos de cobertura en función del nivel de vuelo. Esta consta de una única pantalla donde el mapa ocupa la mayor parte del espacio. Además hay dos barras de herramientas que permiten seleccionar la información a visualizar.

El valor de voltaje del CAG para el que se ha considerado que la intensidad de campo es demasiado bajo es de 2 V. Como se ha dicho anteriormente, para mejorar la velocidad de procesado, todas las consultas se hacen en forma de

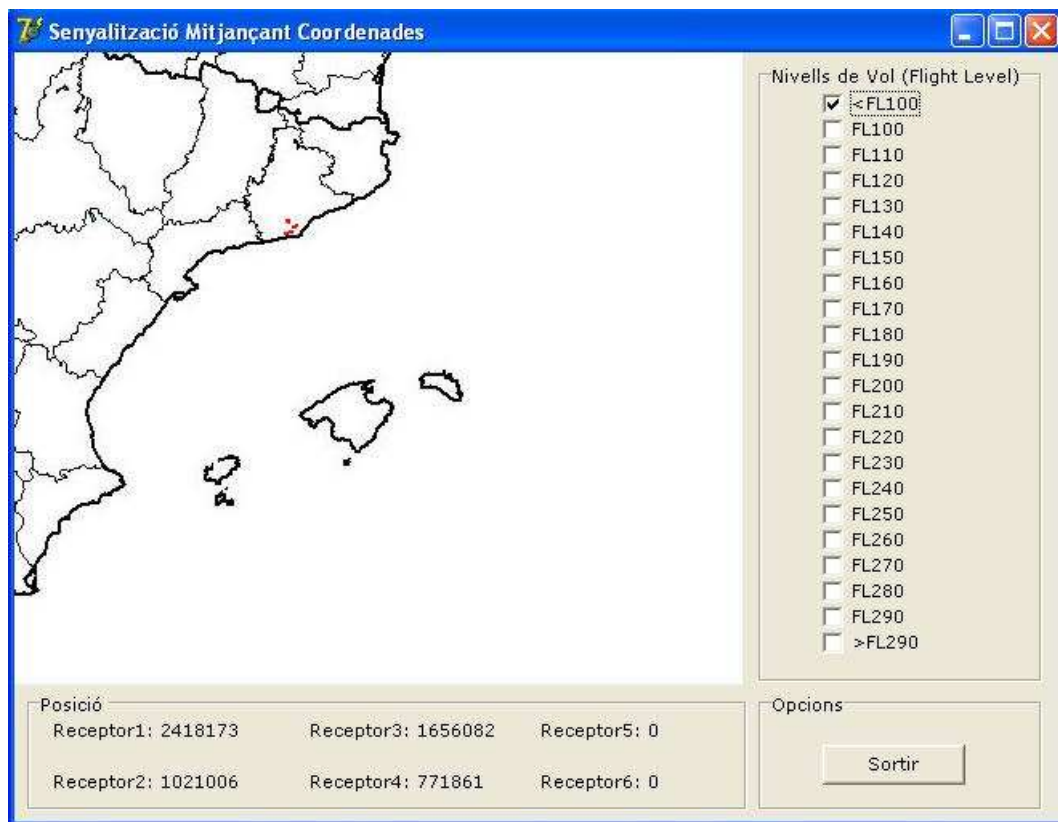


consultas de actualización. En estas actualizaciones, los voltajes que son menores que 2 son igualados a cero.

Una vez la base de datos tiene el formato definitivo, esta se introduce en el código y este se compila.

En el mapa final se marcan en rojo las zonas sin cobertura suficiente, y en verde las que si disponen de ella.

La imagen del mapa es un archivo de mapa de bits que se carga desde el código. Se han utilizado dos imágenes. Una de la Región Este completa y otra de los alrededores del centro de control.



**Fig. 4.14** Pantalla del programa de visualización.

Para que la trayectoria seguida se más fácilmente visible, se pintan grupos 2 x 2 píxeles.

Para clasificar la información en niveles de vuelo, se han agrupado alturas desde la mitad del nivel anterior, hasta la mitad del siguiente (i.e. cuando se selecciona el nivel de vuelo FL120, se visualizan los datos de cobertura entre 11500m i 124999m).

## CAPÍTULO 5. PRUEBAS EN TIERRA

Una vez ajustado todo el sistema y hechas varias pruebas operativas, el primer prototipo quedó finalizado. Era el momento de realizar una adquisición de datos real, que permitiese ver el funcionamiento del instrumento y con la que poder realizar el primer mapa de coberturas. El sistema tuvo que ser sacado del rack para poder ser montado en un vehículo. Como ya se ha mencionado, la antena con la que se había desarrollado el sistema fue reemplazada por una mucho más pequeña y con un soporte magnético que permitió situarla sobre la cabina del coche.



**Fig 5.1** Bandeja de receptores y DAQ instalados dentro del vehículo

Uno de los requisitos importantes para realizar las pruebas era molestar lo mínimo el funcionamiento normal de los centros de transmisión. Como además se trataba de una prueba, se pensó que no sería siquiera necesario encender nuevos transmisores para hacer el seguimiento de señal. Para realizar las medidas se utilizarían el VOLMET (Boletín Meteorológico) i el ATIS (Servicio de Información del Área Terminal). Al ser estas emisiones continuas, se podría realizar su seguimiento sin ningún problema. Además, dado que el VOLMET se emite desde Bègues y el ATIS desde el centro de comunicaciones del aeropuerto de El Prat, se conseguiría un mapa con las coberturas de estos dos importantes emplazamientos. Dado que sólo se iba a medir la cobertura de dos emplazamientos, sólo era necesario utilizar dos receptores. Como el sistema está preparado para ser utilizado con hasta seis receptores y se disponía de ellos, se decidió utilizar cuatro, dos para el VOLMET y dos para el ATIS. De los receptores disponibles se sabía que sólo dos estaban en perfectas condiciones. Aún así, se decidió utilizar también los otros dos para probar la adquisición.



**Fig 5.2** Antena instalada sobre la cabina del vehículo

Se realizó un recorrido de algo más de una hora de duración alrededor del centro de control. Para ver variaciones en la cobertura se circuló por vías secundarias del Parque Natural del Garraf. De este modo se conseguía estar en sitios donde se tenía visión del centro de Bègues, pero donde la señal proveniente del aeropuerto quedaba fuera del alcance.

Como se puede comprobar en los mapas de las figuras 5.3 y 5.4 la cobertura a nivel de suelo es bastante mala en ambos casos. Esto era muy previsible en el caso de los transmisores del Prat, pues la orografía de las montañas del Garraf hacen que la mayor parte del tiempo, no haya una línea de visión directa. En el caso de Bègues, resulta curioso que en algunos casos, aún estando muy ceca del centro de transmisores y con línea de visión directa, la calidad de la recepción sea baja. Esto es debido a que al realizarse a nivel del suelo, el instrumental estaba a una altura menor que el centro de transmisores. Al estar orientado este a la comunicación aeronáutica, no es necesario que de cobertura a su alrededor a baja altura (al contrario de lo que pasaría con una antena para teléfonos móviles).



**Fig. 5.3** Cobertura del centro de transmisores de El Prat





**Fig. 5.4** Cobertura del centro de transmisores de Bègues

## CAPÍTULO 6. PLANES DE VUELO

Para obtener datos de cobertura que permitan realizar un mapa, es necesario embarcar el sistema en una aeronave y recorrer el espacio aéreo deseado. Para conseguir un mapa completo, hace falta realizar muchos vuelos de adquisición, pues hay que recorrer toda la superficie sobrevolable a cada nivel de vuelo. Esto requiere muchas horas de vuelo, lo que implica un coste muy elevado.

A continuación se incluyen cinco planes de vuelo para obtener una primera aproximación al mapa de coberturas de la Región Este. Para el desarrollo de estos se ha tenido en cuenta por un lado que sobrevuelen la mayor superficie posible y por otro, que interfieran lo más mínimo en la operación normal de las aeronaves comerciales. Para lograr este último objetivo es necesario:

- Evitar salir de la región, lo que provocaría un tránsito a la región contigua
- No utilizar los aeropuertos principales.
- Realizar los vuelos en horas de poco tráfico, a ser posible de noche

El plan de vuelo 1 recorre los bordes de toda la región. Los planes de vuelo del 2 al 5, intentan recorrer cada uno un cuadrante.

## 6.1. FPL 1

LELL -LELL

SADEM G23 VERSO CHELY B16 MHN DCT OSGAL DCT MEBUT A6 SURIB  
DCT RAFOL A34 ALT VLC SAURA MLA UN862 POSSY GRAUS G23 REBUL  
H110 LATRO

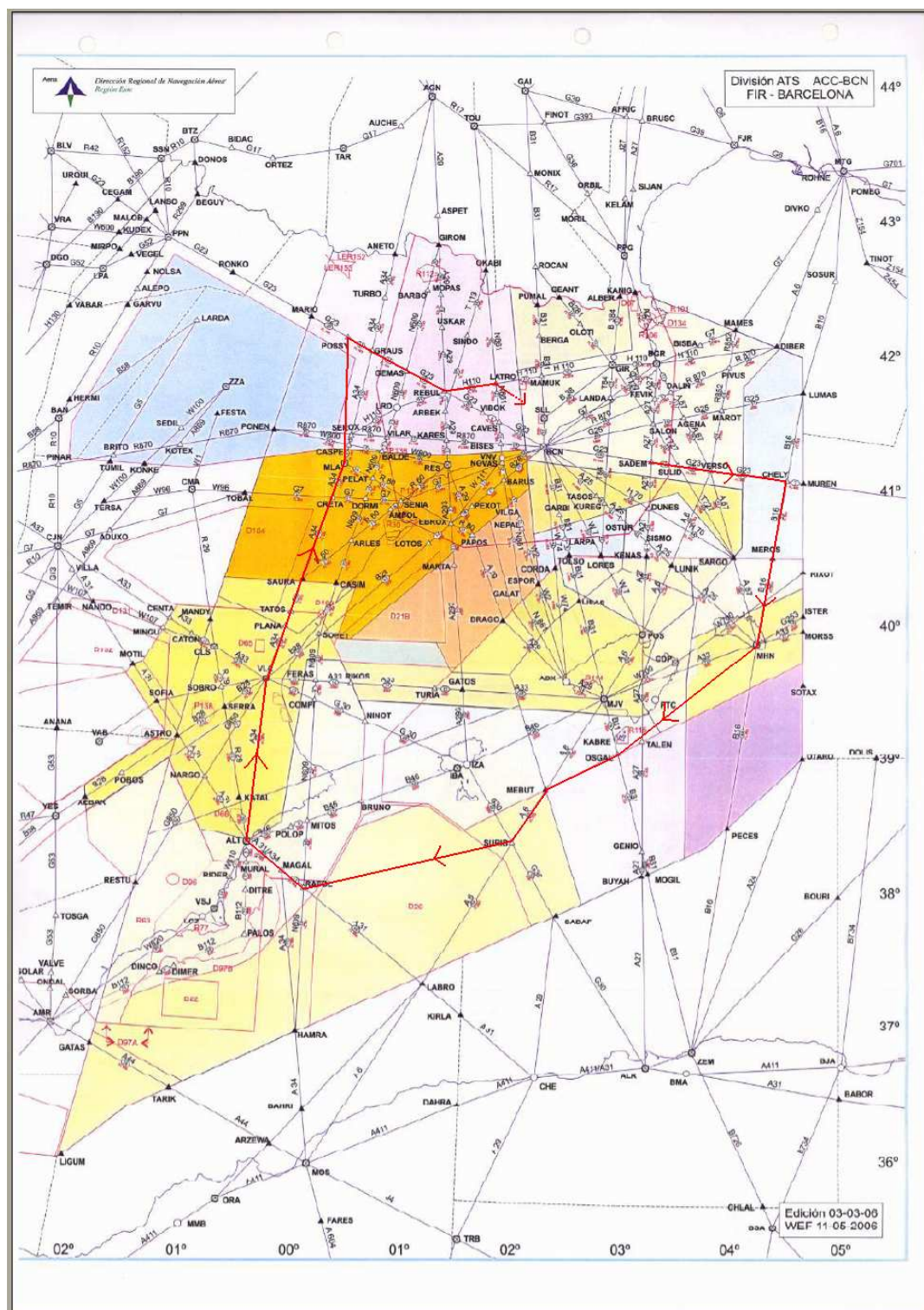


Fig. 6.1 Representación sobre carta del FIR del plan de vuelo 1





### 6.3. FPL 3

LELL - LELL

SADEM A27 SALON T727 GIR DCT BERGA DCT MOPAS UN 863 RES UN 856 GATOS IZA UN 851 SUMMO UP34 VLC UN 860 MLA LOBAR GRAUS G23 REBUL H110 LATRO

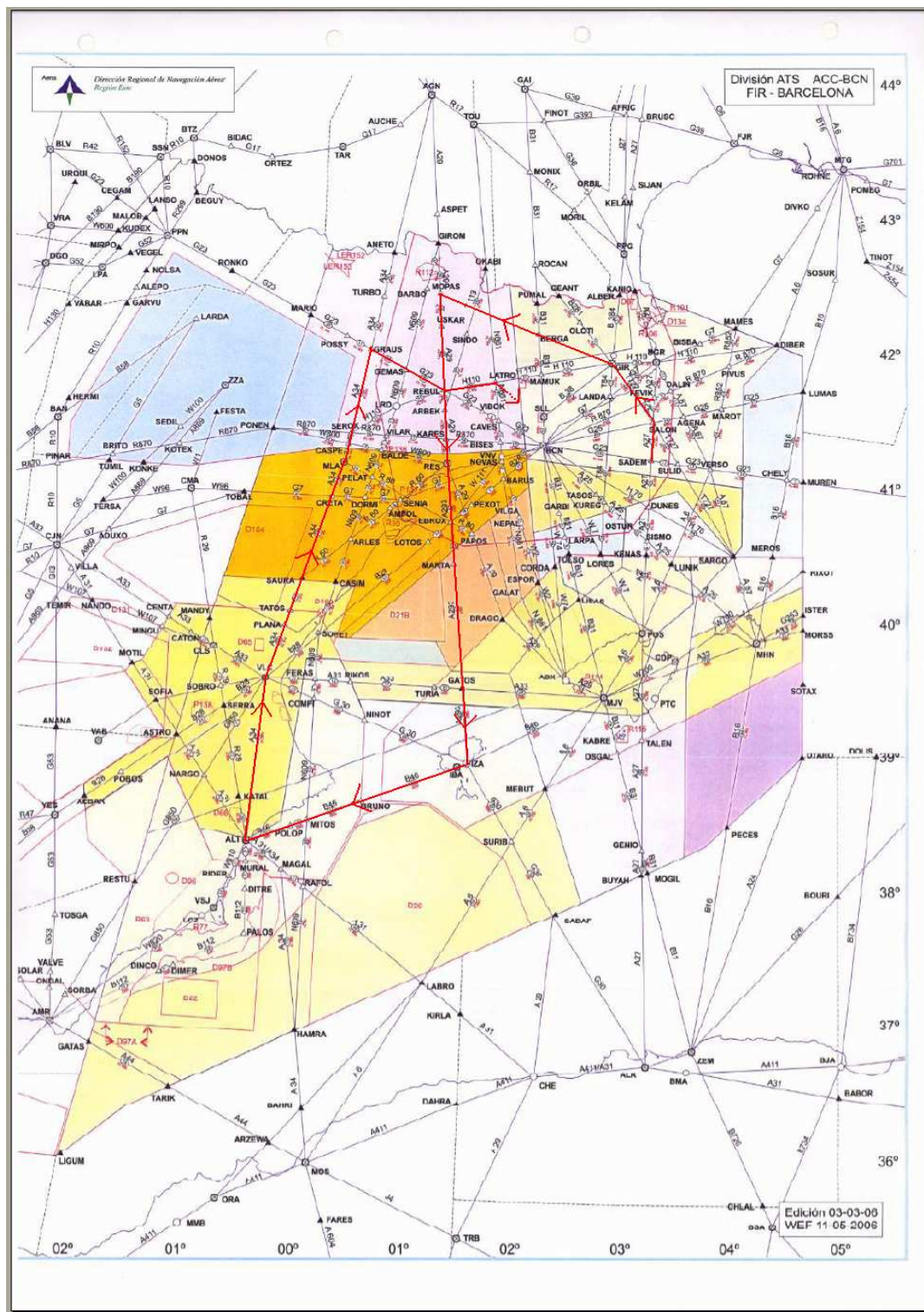


Fig. 6.3 Representación sobre carta del FIR del plan de vuelo 3





## 6.5. FPL 5

LELL - LELL

SADEM UN855 DUNES UN725 SARGO DCT LUNIK UL145 TASOS BCN UM  
985 SOPET UN 609 COMPI UM134 IZA UN 856 SURIB DCT GENIO DCT  
MHN UN 851 MJV UN U733 VLC UN 860 Creta UW96 SENIA R60 RES A29  
KARES ARBEK REBUL H110 LATRO

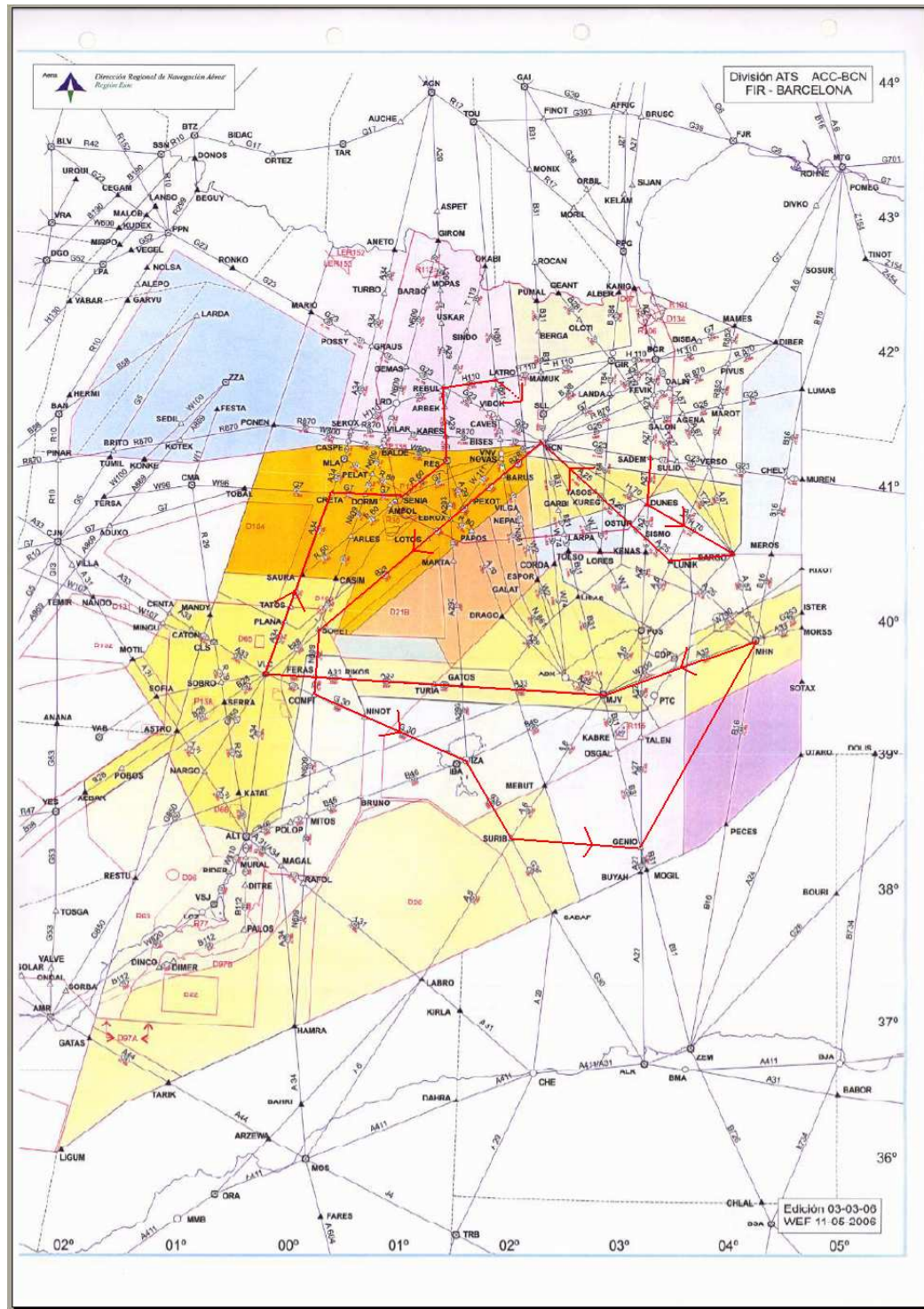


Fig. 6.5 Representación sobre carta del FIR del plan de vuelo 5



## **CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES**

### **7.1. Líneas de desarrollo futuro**

#### **7.1.1 Sistema de varios receptores**

Como se ha visto a lo largo de este informe, el prototipo del sistema multirreceptor está completamente desarrollado y listo para que puedan realizarse medidas. Aún así, es posible seguir trabajando en él para obtener un modelo comercial que sea fácilmente utilizable por cualquier persona. El desarrollo futuro del sistema tendría que ir dirigido a conseguir una versión tan compacta y automatizada, que pudiese ser embarcada fácilmente en cualquier aeronave de línea regular y, de esta manera, obtener datos sin la necesidad de invertir muchos recursos para realizar los vuelos de adquisición. En este sentido, podrían utilizarse receptores más modernos y pequeños que, en caso de ser digitales, permitirían ahorrar el espacio ocupado por el módulo de adquisición. También el PC portátil podría ser sustituido por un ordenador más pequeño, o incluso se podría integrar todo el sistema en un nuevo equipo de laboratorio.

Otra línea de mejora, pasaría por cambiar la manera en que se mide la altura. En el sistema desarrollado, esta es tomada de los datos proporcionados por el GPS. Revisando los datos adquiridos se observa que la precisión del dispositivo es, cuanto menos cuestionable, pues en algunas ocasiones da lecturas de altura negativa. Durante las pruebas estáticas, se observó un rango de variación de unos 40m sin mover el receptor. Aunque un error de esta magnitud no se puede considerar grave para el caso que se está tratando, no estaría de menos poder contar con datos más precisos. Es decisión de quien continúe con el proyecto reemplazar todo el receptor GPS o añadir un altímetro independiente al equipo.

#### **7.1.2. Sistema de receptor único**

Durante la realización de este proyecto, el sistema de receptor único no se ha desarrollado completamente, realizándose sólo algunos ensayos con él. Aún así, el software de procesamiento de datos está prácticamente terminado de modo que en muy poco tiempo se podría disponer de una versión operativa del mismo. En cualquier caso no hay que olvidar que con este sistema, sólo se podrán obtener mapas relativos, de modo que no bastara con esta información para un conocimiento total de las coberturas.

La principal línea de mejora en este caso, pasa por ver de qué manera se pueden llegar a conocer las coberturas absolutas, conservando el principal atractivo de este sistema, su escasos requerimientos de hardware.

## 7.2. Conclusiones

Al finalizar este proyecto, se ha trabajado en dos sistemas de verificación de coberturas. El sistema multirreceptor, se ha desarrollado completamente, hasta lograr los objetivos marcados en un principio. Aunque no se han podido realizar pruebas con el sistema embarcado, si que se han podido realizar con el mismo a bordo de un vehículo terrestre por lo que es seguro que el sistema también funcionaría en el aire.

Una vez analizado el trabajo que se ha llevado a cabo en pocos meses, se llega a la conclusión que es posible obtener, sin una inversión mucho mayor, una versión completamente operativa y comercializable del equipo. El desarrollo completo de esta herramienta, permitiría un mayor conocimiento de las coberturas en el espacio aéreo, lo que se traduciría en una optimización de los recursos a la hora de ampliar el sistema de comunicaciones tierra-aire.

El alcance y la verificación de las coberturas radio es un problema que preocupa a Aena. Valga como prueba de ello el expediente DNA 5346/04 aparecido en el BOE por el cual los servicios centrales sacan a concurso la contratación de este servicio por un valor de 698800 €. Quizás el tiempo apremia tanto que no se puede esperar al desarrollo de un sistema completamente funcional y es totalmente necesario recurrir a la externalización del servicio. Aún así, valdría la pena apostar por el desarrollo paralelo de una aplicación propia que fuese comercializable. Aunque nuestro país no sea el líder en cuanto a tecnología de comunicación, si que esta en el grupo de cabeza. Que para nuestro espacio aéreo la elaboración de este mapa de coberturas sea una prioridad, es una prueba suficiente de que antes o después también lo será para otros. Sería un error dejar escapar esta oportunidad tan clara de rentabilizar una inversión en I+D+i.



## BIBLIOGRAFÍA

### Libros e informes



- [1] Varios Autores, “*Anexo 10: Telecomunicaciones Aeronáuticas*”, OACI (1998)
- [2] Beyom, J.Y., “*Labview. Programming, data acquisition and analysis*”, Prentice Hall (2001)
- [3] “*Estado actual y evolución del sistema de navegación aérea*”, AENA (2001)
- [4] “*Curso para la formación de controladores de la circulación aérea*”, AENA-SENASA (2003)

### Páginas web

- [1] National Instruments      [www.ni.com](http://www.ni.com)
- [2] Labview Gi    [www.labview.tk](http://www.labview.tk)
- [3] USB Implementers Forum, Inc.    [www.usb.org](http://www.usb.org)
- [4] Wikipedia    [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)
- [5] Advantech    [www.advantech.com](http://www.advantech.com)
- [6] Aena    [www.aena.es](http://www.aena.es)
- [7] National Marine Electronics Association [www.nmea.org](http://www.nmea.org)

## APÉNDICES


### A. Cartel del proyecto

Escola Politècnica Superior  
de Castelldefels

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

# Onboard system for coverage verificaion




---

Introduction

Aena's East Region contains approximately one third of the Iberian peninsula and an extensive part of territorial waters of the spanish Mediterranean.

Seven communication centers give service to the 800.000 traffics that cross over the region every year.



---

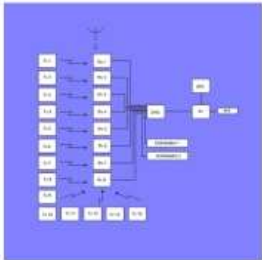
Objectives

Develop and test a system that would allow us to acquire real coverage data from the different earth-to-air communication centers of Aena's East region.

---

Implementation


The system will consist of two diferentiated parts:



**Emitting beacons:** Located at the communication centres in question, they will use the equipment of the centre in order to transmit and allow us to track the signal.

**Acquisition system:** Measuring equipment will be connected to a PC for receiving the data of the emitting beacons and relating it to the position and attitude of the airplane in each point.

Data will be stored in a format compatible with Aena's Homer database. This will allow us to easily compare simulated coverages with real ones.



---

Ongoing Work

- Design of the hardware part and component selection
- Software designing
- Assembly and calibration
- Land tests
- Onboard tests
- Elaboration of flight plans for data acquisition

## **B. Informe para la adquisición del hardware**

El objetivo de este proyecto es desarrollar un sistema embarcable para la medida de las coberturas reales de los centros de comunicación T/A. Con esta finalidad, se contemplan dos combinaciones distintas de los equipos y una combinación de ambas (ver esquemas).

### **B.1. Generalidades**

Los tres sistemas constan de dos partes diferenciadas en cuanto al hardware. Por un lado se tienen los transmisores i por el otro el sistema de recepción y procesamiento de datos. Los transmisores deben ser instalados en los centros de comunicaciones a estudiar. El sistema de recepción y procesamiento de datos es embarcable y consta de receptores, GPS w inclinómetros conectados a un PC. Los datos recibidos se tratarán en el PC con software realizado en el entorno Labview i, finalmente, serán utilizados por un programa de visualización que dibujará un mapa con las coberturas.

### **B.2. Sistema multirreceptor**

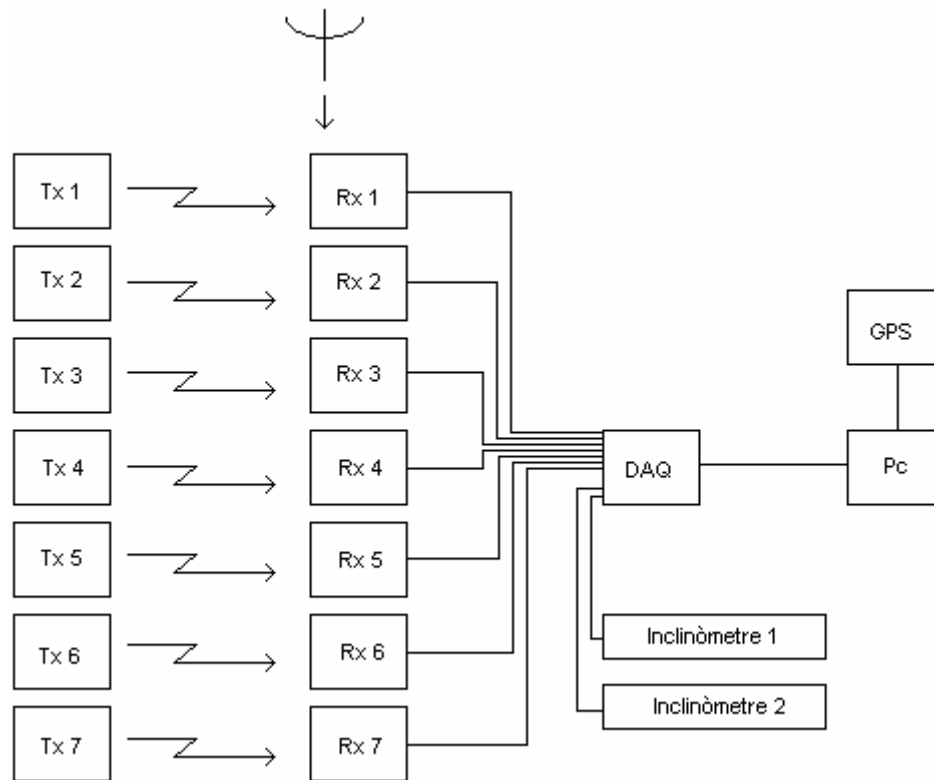
Cada transmisor se configura para emitir en una frecuencia distinta. Como el sistema esta diseñado para hallar las coberturas de los principales centros de comunicación de la Región Este, son necesarios siete transmisores y, por lo tanto, siete frecuencias distintas.

El sistema de recepción y procesamiento de datos consta de un receptor para cada transmisor, en este caso siete. Estos se conectan mediante salidas analógicas a un módulo de adquisición de datos con conversores analógico-digitales. A este conversor también llegan datos analógicos procedentes de dos inclinómetros que indican los ángulos de cabeceo y balanceo. La salida del módulo se conecta a un PC a través de un puerto USB. El PC recibe también datos de posición a través de la conexión con un GPS (a ser posible también vía puerto USB).

Este sistema permite relacionar los datos de posición y actitud de la aeronave, con la intensidad recibida por cada receptor en cada punto.

El hardware que requiere este sistema es el siguiente:

- 7 Tx
- 7 Rx
- 1 Módulo de adquisición de datos Advantech USB-4711
- 2 Inclinómetros Rieker H4 Series con salida analógica
- 1 GPS Haicom HI-204III



**Fig. B.1** Esquema del sistema multirreceptor

### B.3 Sistema de receptor único

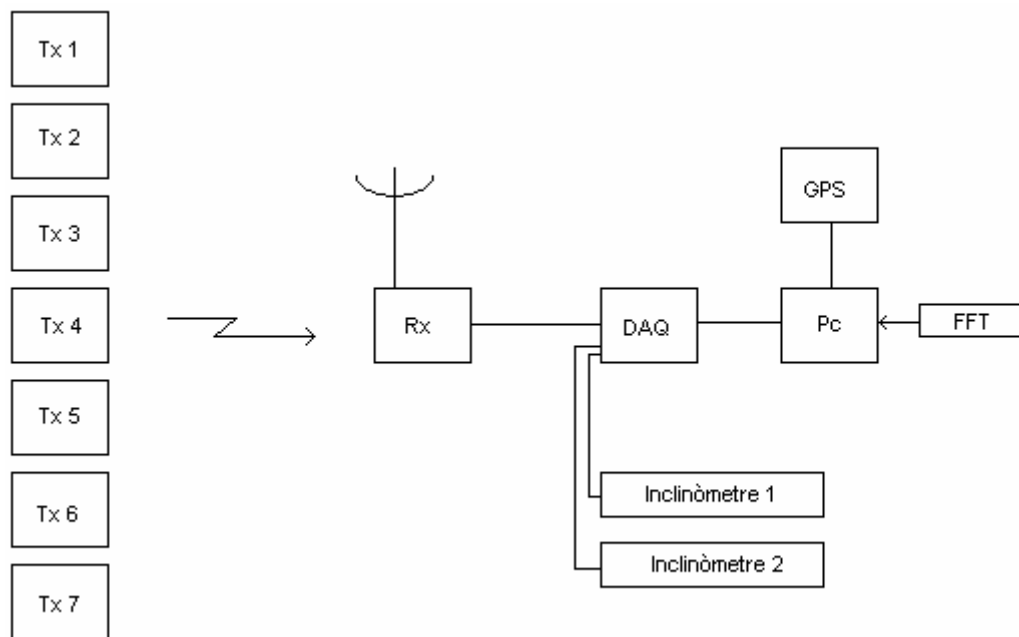
La diferencia respecto del sistema anterior es que en este caso, los transmisores trabajan todos a la misma frecuencia. Los señales emitidos son distintos tonos para que sean fácilmente diferenciables.

El sistema de recepción y procesado de datos consta en este caso de un solo receptor. La salida de esta se desmodula y se digitaliza a través del módulo de adquisición, juntamente con la de los inclinómetros. Como en el caso anterior los datos llegan al PC a través de puertos USB donde se identifican los tonos principales de la señal mediante transformada de Fourier. De este modo se discrimina entre los datos recibidos de cada centro de comunicaciones. Al PC llegan también los datos del GPS

Como en el caso anterior, se realiza un mapa con la intensidad de cada transmisor en cada punto, para conocer las coberturas reales.

El hardware que requiere este sistema es el siguiente:

- 7 Tx
- 1 Rx
- 1 Módulo de adquisición de datos Advantech USB-4711
- 2 Inclinómetros Rieker H4 Series con salida analógica
- 1 GPS Haicom HI-204III



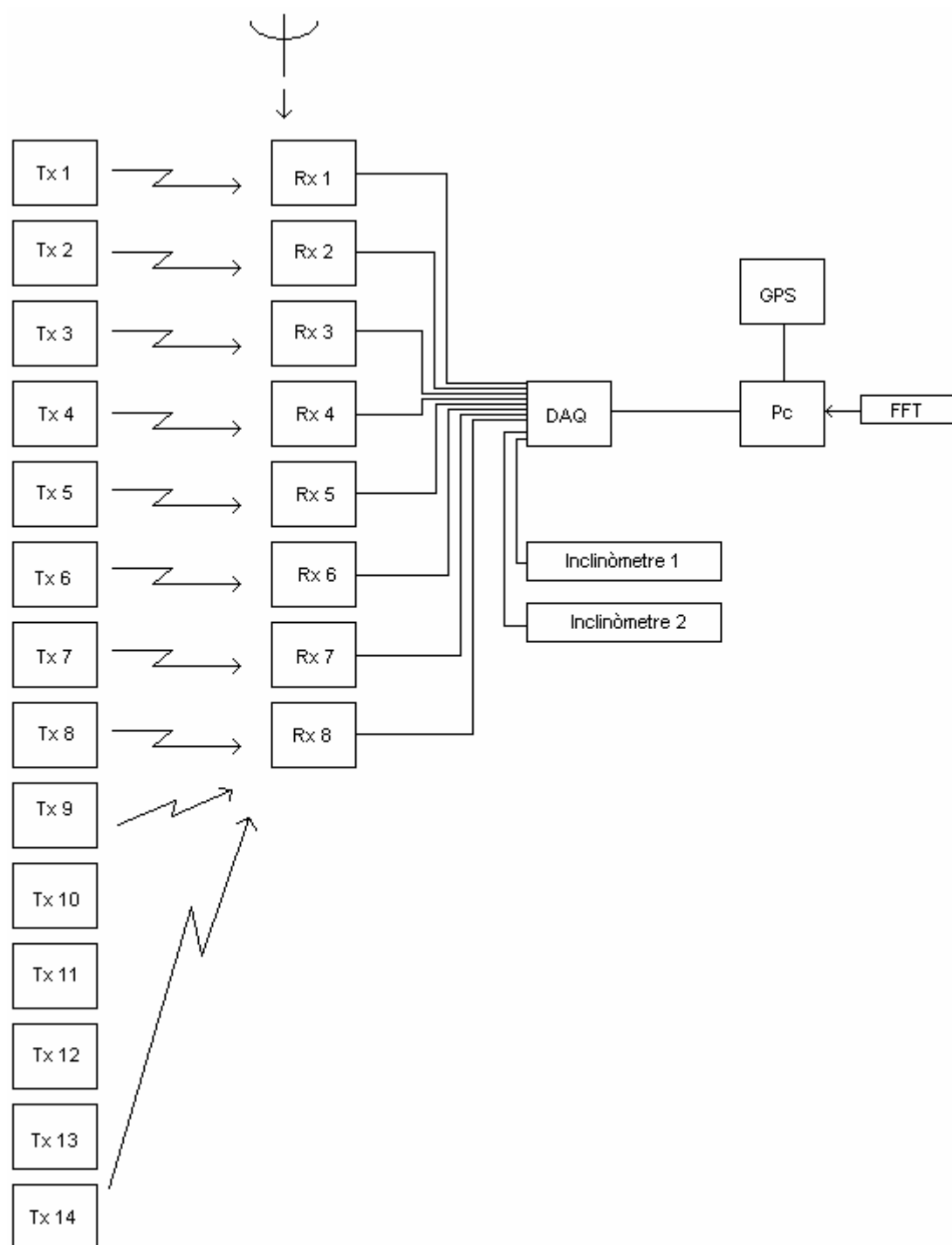
**Fig. B.2** Esquema del sistema de receptor único

#### B.4. Sistema combinado

Dadas las pequeñas diferencias en cuanto a la composición de los equipos para ambos sistemas, es posible unificarlos para poder comparar resultados. El sistema resultante consta de catorce transmisores, dos para cada centro de comunicaciones. En este caso, hacen falta ocho frecuencias para trabajar, una para cada transmisor del sistema multirreceptor, y otra para los transmisores del sistema de receptor único. El sistema de receptores y procesamiento constará también de ocho receptores. Las salidas de los receptores y los inclinómetros se digitalizan todas en el módulo de adquisición, pues este tiene suficientes entradas. Una vez en el PC, cada conjunto de datos es tratado según su naturaleza.

El hardware que requiere este sistema es el siguiente:

- 14 Tx
- 8 Rx
- 1 Módulo de adquisición de datos Advantech USB-4711
- 2 Inclinómetros Rieker H4 Series con salida analógica
- 1 GPS Haicom HI-204III



**Fig. B.3** Esquema del sistema combinado

## B.5. Software

Como se ha dicho antes, el programa de adquisición se implementará usando Labview. Los datos adquiridos se almacenarán en forma de matrices donde, para cada punto, se guardaran los datos de intensidad recibida de cada centro, y la actitud de la aeronave.



Finalmente seria deseable poder dibujar un mapa general de coberturas.

## B.6. Coste del proyecto

Partiendo de la base que los receptores, transmisores y PC pueden ser cedidos, el coste de los tres sistemas es el mismo. Los costes de cada equipo pueden verse en la tabla siguiente.

Elemento	Cantidad	Precio unitario	Coste
DAQ Advantech USB-4711	1	331,25	331,25
Inclinómetro Rieker H4 Series	2	-	-
GPS Haicom Gp16	1	74,18	74,18
Cable minidim6 -> usb para el gps	1	17,45	17,45
Antena	1		
TOTAL			422,88

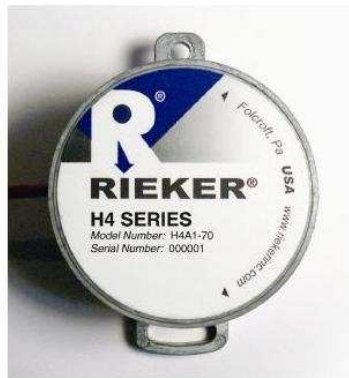
**Tabla B.1** Coste de los distinto equipos

## C. Hojas de características de los distintos equipos

### C.1. Inclinómetro



**RIEKER**  
ELECTRONICS INC.



#### H4 Series General Information Brochure

Page 1 of 4

These rugged inclinometers are available with 0...5V Analog or Digital Serial (RS232) Outputs, two levels of Temperature Compensation, and 3 different measuring ranges.

#### Description

The H4 Series of inclinometers provide single axis inclination sensing in a rugged environmentally protected metal housing. The sensing package incorporates a liquid capacitive sensing element and integrated temperature compensation over the industrial operating range of -40° to +85°C.

These sensors are available with a choice of two output configurations, analog voltage or digital serial outputs. These outputs are linear with respect to the input angle directly. Depending on the required accuracy, two levels of temperature compensation are available.

#### Digital Serial (RS232) Output

The Serial output (RS232) transmits the degree of angle in a decimal format. This output provides a continuous stream of readings - one reading per line at approximately 250msec per reading. The H4 transmits the output to a computer through its serial port, using HyperTerminal as the interface. The unit is configured for 9600 baud, 8 data bits, no parity, 1 stop bit.

#### Features

- Single Axis Angle Measurement
- 3 Ranges:  $\pm 30^\circ$ ,  $\pm 45^\circ$ ,  $\pm 70^\circ$
- 2 Levels of Temperature Compensation
- 2 Output Choices: Analog or Serial
- Vibration and shock resistant
- Environmentally sealed to IP66
- Rugged die-cast Zinc housing
- EMC protected
- Mechanical Zero adjustment
- Common footprint for easy field install

#### Applications

- Platform Leveling
- Vehicle Tilt Monitoring
- Antenna Positioning
- Boom Angle Indicating
- Process Machinery

The information and material presented may not be published, broadcast, rewritten, or redistributed without the expressed written consent of Rieker® Inc.  
©2002-2005 Rieker® All Rights Reserved.  
FORM NUMBER: H40001\_02/05 UPDATED: 08/05

PO Box 127 • 777 Henderson Blvd • Park Square North Bldg • Bay #7 • Folcroft • PA • 19032 • USA			
voice: 610-534-9000	fax: 610-534-4670	email: info@riekerinc.com	web: www.riekerinc.com



**RIEKER®**  
ELECTRONICS INC

## H4 Series

### General Information Brochure

Page 2 of 4

#### Technical Specifications

Input Parameters	
MEASURING RANGES	$\pm 30^\circ$ , $\pm 45^\circ$ , $\pm 70^\circ$ (scaling to specific range available)
MEASUREMENT AXES	Single
POWER SUPPLY - STANDARD	8 to 30 VDC Non-Regulated
OPTIONAL	5VDC Regulated
Output Parameters	
NON-LINEARITY <sup>1</sup>	< 0.5% FR for $\pm 30^\circ$ models < 0.2% FR for $\pm 70^\circ$ models
NULL REPEATABILITY	< 0.05°
TRANSVERSE SENSITIVITY	< 1.0% at 30° Tilt
SENSOR ELEMENT RESPONSE TIME	< 0.3 seconds
BANDWIDTH	3 Hz
OPTIONAL TEMPERATURE COMPENSATION OUTPUT DRIFT	< $\pm 1.0^\circ$ (over full operating temperature range)
Temperature Range	
OPERATING TEMPERATURE	-40°C to +85°C
STORAGE TEMPERATURE	-45°C to +90°C

ANALOG OUTPUT	Temperature Compensation Levels	
	Level 1	Level 2
ZERO OFFSET	2.5VDC TYP	2.5VDC TYP
ANALOG VOLTAGE OUTPUT	0..5VDC	0..5VDC
OUTPUT VOLTAGE SENSITIVITY		
$\pm 30^\circ$	66.7mV/°	66.7mV/°
$\pm 45^\circ$	44.4mV/°	44.4mV/°
$\pm 70^\circ$	28.6mV/°	28.6mV/°
TEMPERATURE COMPENSATION	Over full operating temperature range	
$\pm 30^\circ$	< $\pm 0.5^\circ$	< $\pm 2.0^\circ$
$\pm 45^\circ$	< $\pm 0.5^\circ$	< $\pm 2.5^\circ$
$\pm 70^\circ$	< $\pm 1.0^\circ$	< $\pm 3.0^\circ$
RESOLUTION		
$\pm 30^\circ$	< 0.02°	< 0.01°
$\pm 45^\circ$	< 0.03°	< 0.01°
$\pm 70^\circ$	< 0.04°	< 0.01°
CURRENT CONSUMPTION	10mA typical	2mA typical
OUTPUT IMPEDANCE	< 100 OHMS	
RS232 OUTPUT	Temperature Compensation Levels	
	Level 1	Level 2
TEMPERATURE COMPENSATION	Over full operating temperature range	
$\pm 30^\circ$	< $\pm 0.5^\circ$	< $\pm 2.0^\circ$
$\pm 45^\circ$	< $\pm 0.5^\circ$	< $\pm 2.5^\circ$
$\pm 70^\circ$	< $\pm 1.0^\circ$	< $\pm 3.0^\circ$
CURRENT CONSUMPTION	10mA typical	

PO Box 127 • 777 Henderson Blvd • Park Square North Bldg • Bay #7 • Folcroft • PA • 19032 • USA

voice: 610-534-9000

fax: 610-534-4670

email: info@riekerinc.com

web: www.riekerinc.com

The information and material presented may not be published, broadcast, rewritten, or redistributed without the expressed written consent of Rieker® Inc.  
©2002-2005 Rieker® All Rights Reserved.  
FORM NUMBER: H40001\_02/05 UPDATED: 08/05



**RIEKER**  
ELECTRONICS INC

## H4 Series

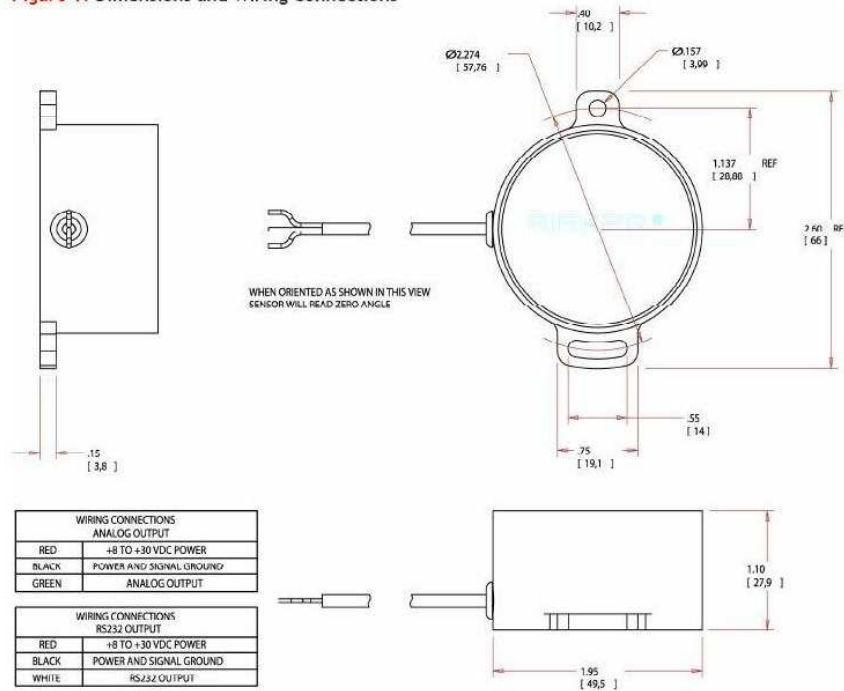
### General Information Brochure

Page 3 of 4

<b>RS232 OUTPUT FORMAT</b>	ASCII Decimal
<b>BAUD RATE</b>	9600
<b>DATA BITS</b>	8
<b>PARITY</b>	None
<b>STOP BITS</b>	1
<b>TRANSMISSION RATE</b>	Continuously updated every 25mSEC

Mechanical Characteristics	
<b>HOUSING</b>	Die Cast Zinc
<b>MOUNTING HOLES</b>	Two #6-32
<b>MOUNTING PLANE</b>	Vertical Surface
<b>OUTLINE DIMENSIONS</b>	Ø1.95" x 1.1" (Ø49.5 x 28mm) See Drawing
<b>ELECTRICAL CONNECTION</b>	1ft. Teflon Cable with 3 pigtail leads
<b>WEIGHT</b>	8 ounces

**Figure 1: Dimensions and Wiring Connections**



The information and material presented may not be published, broadcast, rewritten, or redistributed without the expressed written consent of Rieker® Inc.  
©2002-2005 Rieker® All Rights Reserved.  
FORM NUMBER: H40001\_02/05 UPDATED: 08/05

PO Box 127 • 777 Henderson Blvd • Park Square North Bldg • Bay #7 • Folcroft • PA • 19032 • USA			
voice: 610-534-9000	fax: 610-534-4670	email: info@riekerinc.com	web: www.riekerinc.com



**RIEKER**  
ELECTRONICS INC.

## H4 Series

### General Information Brochure

Page 4 of 4

#### Part Number for Ordering Information

H4 Inclinator Product Matrix Chart	
	H 4 A 1 30
OPTION CODE	
HOUSING	
MACHINED ZINC METAL HOUSING (Default)	4
ALTERNATIVE HOUSING	N/A
OUTPUT	
ANALOG	A
DIGITAL SERIAL (RS232)	S
TEMPERATURE COMPENSATION	
LEVEL 1	1
LEVEL 2	2
ANGLE RANGES	
"XX" = $\pm 30^\circ$ , $\pm 45^\circ$ , $\pm 70^\circ$	"XX"
SPECIAL SCALING	N/A
INPUT POWER	
8 TO 30VDC (Default)	BLANK
5VDC	V
MODEL NUMBER	
STANDARD (or stock) CONFIGURATION (Default)	BLANK
CUSTOM SPECIAL: "X" = LETTER ASSIGNED AT TIME OF ORDER	"X"

As shown above the part number H4A1-30 represents a standard (or stock) configuration single axis unit with a  $\pm 30^\circ$  measuring range, Analog output, Level 1 Temperature Compensation, 8 to 30VDC supply power.

The information and material presented may not be published, broadcast, rewritten, or redistributed without the expressed written consent of Rieker Inc.  
The content presented is provided for informational purposes only and subject to change.  
©2002-2005 Rieker All Rights Reserved.  
FORM NUMBER: H40001\_02/05 UPDATED: 08/05

PO Box 127 • 777 Henderson Blvd • Park Square North Bldg • Bay #7 • Folcroft • PA • 19032 • USA

voice: 610-534-9000

fax: 610-534-4670

email: info@riekerinc.com

web: www.riekerinc.com

## C.2. Antena



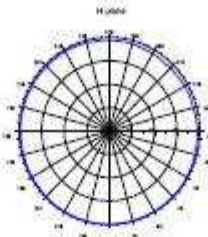
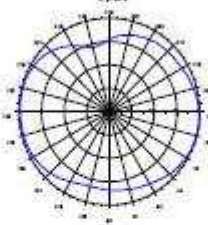
**AT23-392**

**LOADED DIPOLE**  
**2 dBi**  
**118-150 MHz**  
**Vertical Polarization**

Electrical specifications	
Antenna Model	AT23-392
Impedance	50 ohms
VSWR	2.0:1
Polarization	Vertical
Average Gain (dBi)	2
Horizontal Beamwidth (deg)	360°
Vertical Beamwidth (deg)	107°
Maximum power per input (w)	250
Connectors	N female
Connector position	Rear

Mechanical & Environmental specifications	
Dimensions (mm)	1320 x 290 x 290
Survival wind speed	200 km/h
Front Windload (N)	127
Lateral Windload (N)	127
Antenna Weight (kg)	2.2
Mast Mounting	35 to 55 mm
Grounding	All metallic parts are DC grounded
Temperature range	-10° to +60° C
Humidity	100 %

Shipping specifications	
Dimensions (mm)	1345 x 320 x 320
Weight (kg)	3.5
Material	Cardboard Box

Ctra Campo Real, Km 2,100  
 28500 Arganda del Rey  
 Madrid-Spain



INDEX

Phone: 34 91 876 06 81  
 Fax: 34 91 875 75 52  
 E-mail: [telecom.comercial@rymsa.com](mailto:telecom.comercial@rymsa.com)  
 Web: [www.rymsa.com](http://www.rymsa.com)



## C.3 GPS



### HI-204III

WATERPROOF

Ultra High Sensitive GPS Receiver

HI-204III is a GPS receiver with PS/II mini-DIN interfaces and built-in active antenna for high sensitivity to tracking signal. HI-204III is well suited to system integration and users who use any kinds of mobile devices, such as, PDA, notebook PC, Tablet PC, etc. It satisfies a wide variety of applications for car navigation, personal navigation or touring devices, tracking and marine navigation purpose. Users can simply plug it into a PDA or other type of handheld PC running with suitable mapping and routing software for navigation.

#### Standard Package:

Before you start up, make sure that your package includes the following items. If any items are missing or damaged, contact your dealer immediately.

- HI-204III GPS Receiver unit
- Suction CUP
- User Manual CD (including User Manual, HaiTest Testing Program)

#### Optional Accessories:

- PS/II to PDA connector and car charger
- PS/II to DB9 adapting cable
- PS/II to USB adapting cable



#### OVERVIEW:

Fast Acquisition Enhanced Sensitivity 20 Channels "All-In-View" Tracking GPS Sensor Module. The receiver continuously tracks all satellites in view and provides accurate satellite positioning data. The HI-204III is optimized for applications requiring good performance, low cost, and maximum flexibility; suitable for a wide range of OEM configurations including handhelds, sensors, asset tracking, PDA-centric personal navigation system, and vehicle navigation products.

Its 20 parallel channels and 4000 search bins provide fast satellite signal acquisition and short startup time. Tracking sensitivity of -159dBm offers good navigation performance even in urban canyons having limited sky view. Satellite-based augmentation systems, such as WAAS and EGNOS, are supported to yield improved accuracy.

Both the LVTTTL-level and RS232-level serial interface are provided on the interface connector. Supply voltage of 3.3V, or 3.8V~12V are supported.

#### FEATURES:

- 20 parallel channel GPS receiver
- 4000 simultaneous time-frequency search bins
- SBAS (WAAS, EGNOS) support
- -159dBm tracking sensitivity
- < 8 second hot start
- < 40 second cold start

#### Technical Specifications: Electrical Characteristics

	Items	Description
<b>Chipset</b>	GSP3F	SiRF StarIII technology
<b>General</b>	Frequency	L1, 1575.42 MHz
	C/A code	1.023 MHz chip rate
	Channels	20
<b>Accuracy</b>	Position	10 meters, 2D RMS
		5 meters 2D RMS, WAAS corrected
		<5meters(50%), DGPS corrected
	Velocity	0.1 meters/second
<b>Datum</b>	Time	1 microsecond synchronized to GPS time
	Default	WGS-84
	Other	selectable for other Datum
<b>Acquisition Rate (Open Sky &amp; Stationary Requirements)</b>	Reacquisition	0.1 sec., average
	Snap start	1 sec., average
	Hot start	8 sec., average
	Warm start	38 sec., average
	Cold start	42 sec., average
<b>Dynamic Conditions</b>	Altitude	18,000 meters (60,000 feet) max.
	Velocity	515 meters/second (1000 knots) max.
	Acceleration	4g, max.
	Jerk	20 meters/second <sup>3</sup> , max.
<b>Power</b>	Main power input	5V DC input.
	Power consumption	0.38 W (continuous mode)
	Supply Current	75mA
	Backup power	3 V Lithium-Ion rechargeable battery

Dimension	43mm L x 42mm W x 13mm H
Weight	23g

LED INDICATOR

LED flashing 0.25Hz	Signal Searching
LED flashing 1Hz	Position Fixed

## C.4 DAQ

# USB-4711

100 kS/s, 12-bit Multifunction USB Module



### Features

- Supports USB 2.0
- Portable
- No need for external power
- 16 analog input channels
- 12-bit resolution AI
- Sampling rate up to 100 kS/s
- 8 DI / 8 DO, 2 AO and one 32-bit event counter (USB-4711L w/o AO)
- Wiring terminal on modules

### Introduction

The USB-4700 series consists of true Plug & Play data acquisition modules. No more opening up your computer chassis to install boards. Just plug in the module, then get the data. It's easy and efficient. Reliable and rugged enough for industrial applications, yet inexpensive enough for home projects, the USB-4711 is the perfect way to add measurement and control capability to any USB capable computer. The USB-4711 is fully USB Plug & Play and easy to use. It obtains all required power from the USB port, so no external power connection is ever required.

### Specifications

#### Analog Input

- Channels 16 Single-ended
- Resolution 12 bits
- Max. Sampling Rate\* 100k S/s max. (For USB 2.0)
- FIFO Size 1024 samples
- Overvoltage Protection 30 Vp-p
- Input Impedance 2 M $\Omega$ /5 pF
- Sampling Modes Software, onboard programmable pacer, or external (V, software programmable)
- Input Range

Bipolar	$\pm 10$	$\pm 5$	$\pm 2.5$	$\pm 1.25$	$\pm 0.625$
Accuracy (% of FSR $\pm 1$ LSB)	0.01	0.01	0.02	0.02	0.04

#### \*Note:

The sampling rate and throughput depends on the computer hardware architecture and software environment. The rates may vary due to programming language, code efficiency, CPU utilization and so on.

#### Analog Output

- Channels 2
- Resolution 12 bits
- Output Rate Static update
- Output Range (V, software programmable)

Internal Reference	Unipolar	0 ~ 5, 0 ~ 10
	Bipolar	$\pm 5, \pm 10$

- Slow Rate 11 V/ $\mu$ s
- Driving Capability 3 mA @ 10 V
- Output Impedance 0.81  $\Omega$
- Operation Mode Single output
- Accuracy Relative:  $\pm 1$ LSB  
Differential Non-linearity:  $\pm 1$ LSB

#### Digital Inputs

- Channels 8
- Compatibility 3.3 V/5 V/TTL
- Input Voltage Logic 0: 0.8 V max.  
Logic 1: 2.0 V min..

#### Digital Outputs

- Channels 8
- Compatibility 3.3 V/TTL
- Output Voltage Logic 0: 0.8 V max. @ 4 mA (sink)  
Logic 1: 2.0 V min. @ 4 mA (source)
- Output Capability Sink: 4 mA  
Source: 4 mA

#### Event Counter

- Channels 1
- Compatibility 3.3 V/5 V/TTL
- Max. Input Frequency 1 kHz

#### General

- Bus Type USB 2.0
- I/O Connector On board screw terminal
- Dimensions (L x W x H) 132 x 80 x 32 mm
- Power Consumption Typical: +5 V @ 340 mA  
Max: +5 V @ 440 mA
- Operating Temperature 0 ~ 60° C (32 ~ 140° F) (refer to IEC 68-2-1, 2)
- Storing Temperature -20 ~ 70° C (-4 ~ 158° F)
- Storing Humidity 5 ~ 95% RH non-condensing (refer to IEC 68-2-3)

### Ordering Information

- USB-4711 100 kS/s, 12-bit Multifunction USB Module. CD, manual and one 1.8 m USB 2.0 cable included
- USB-4711L 100 kS/s, 12-bit low-cost Multifunction USB Module without analog output. CD, manual and one 1.8 m USB 2.0 cable included

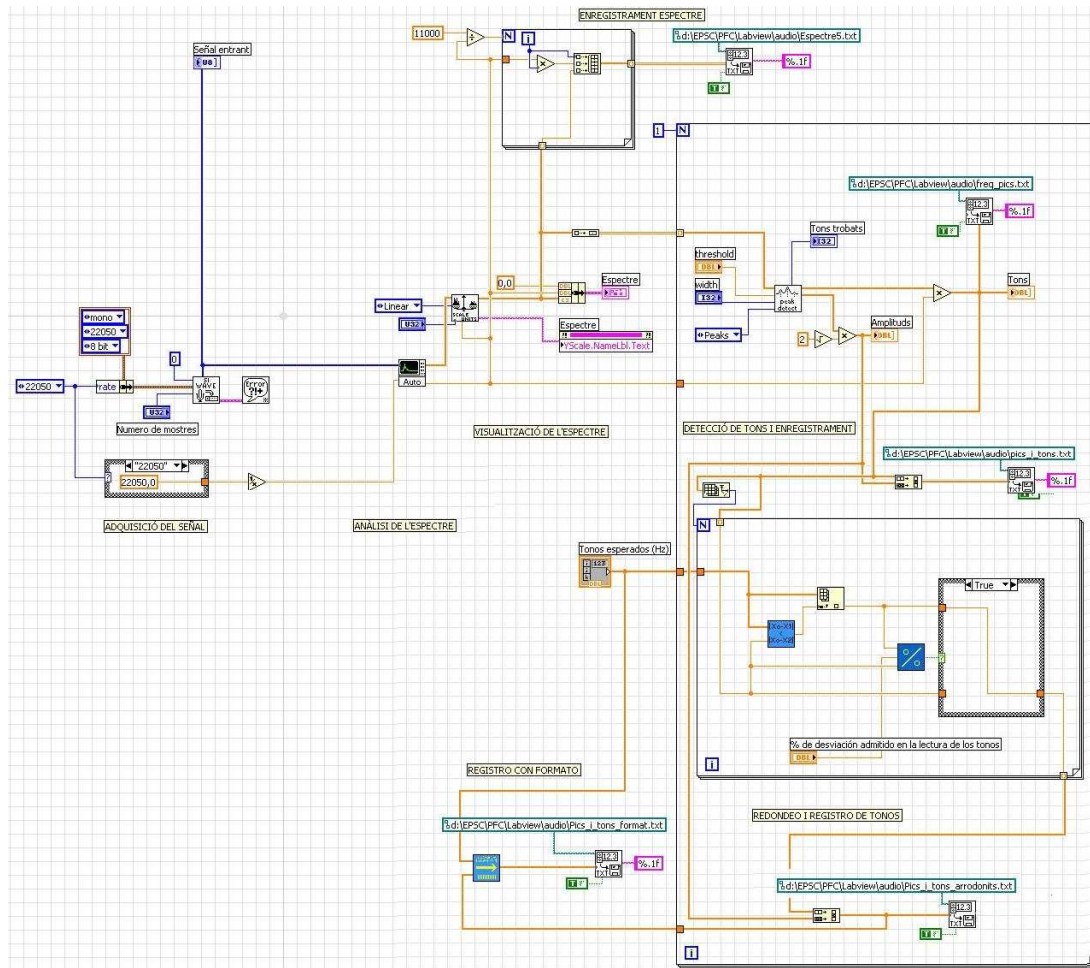
## **D. Códigos**

### **D.1. Programa multirreceptor**

### **D.2. Programa de receptor único**







## E. Ayuda del programa multirreceptor

### AYUDA DEL SOFTWARE MULTIRRECEPTOR

#### ÍNDICE

0. Índice	1
1. Carga de la aplicación	2
1.1. Carga del archivo principal	2
1.2. Carga del menú	2
2. Manejo de la aplicación	3
2.1. Submenú Archivo	3
2.1.1. Adquirir datos Resumen	3
2.1.2. Adquirir datos Completo	4
2.1.3. Camino de salida	5
2.1.4. Cerrar	5
2.2. Submenú Configuración	5
2.2.1. Receptores	5
2.2.2. Avanzada	6
2.3. Submenú Ayuda	7
2.3.1. Ayuda	7
2.3.2. Acerca de...	7
3. Errores habituales	8
3.1. Error en la configuración de un dispositivo	8
3.2. Dispositivo incorrecto	8
3.3. Camino de salida incorrecto	9

## AYUDA DEL SOFTWARE MULTIRRECEPTOR

### E.1. Carga de la aplicación

#### E.1.1 Carga del archivo principal

Este programa, al tratarse de una aplicación y no un ejecutable, tiene que cargarse desde el entorno Labview. Para su correcto funcionamiento son necesarios los sub vis siguientes:

- Lector\_senyal\_1.vi
- Selector\_dades\_gps2\_txt.vi
- Selector\_dades\_gps2\_txt.vi

Para que el programa funcione correctamente es necesario crear en C:\ una carpeta llamada Sistema\_multirreceptor. Dentro de esta, crear otras dos carpetas, una llamada Datos y otra llamada Sub\_vis. Hay que grabar los archivos en las siguientes ubicaciones:

C:\Sistema\_multirreceptor: Software sistema multirreceptor.vi

C:\Sistema\_multirreceptor\Sub\_vis:     Lector\_senyal\_1.vi,  
  Selector\_dades\_gps2\_txt.vi  
  Selector\_dades\_gps2\_xls.vi,  
  Menu\_projecte.rtm, Acerca de...

Al cargar la aplicación principal, esta buscará de forma automática los sub vis necesarios. Normalmente el sistema los encontrará. En el caso anormal de que no fuese así, será necesario introducir manualmente la dirección donde están guardados.

#### E.1.2 Carga del menú

Además, para cargar el menú es necesario utilizar el archivo Menu\_projecte.rtm. Para linkarlo será necesario abrir al menú Edit de Labview. Una vez abierto, se selecciona la opción Run-Time menu. En caso que la ubicación del archivo haya cambiado desde la última vez, el sistema nos informará que no puede encontrar el archivo y que el menú por defecto será cargado. Una vez aceptada esta ventana, accederemos al editor de menús. Seleccionamos el menú File y dentro de él la opción Open, donde tendremos que introducir manualmente la dirección del archivo Menu\_projecte.rtm.

## E.2. Manejo de la aplicación

La aplicación para el sistema multirreceptor es un instrumento virtual de Labview como cualquier otro, así que para comenzar a trabajar con ella será necesario pulsar el botón Run de la barra de ejecución de Labview. Una vez hecho esto aparecerá el menú propio de la aplicación y podremos comenzar a trabajar con ella.

La utilización de esta aplicación es sumamente sencilla. El menú principal sólo tiene tres submenús: Archivo, Configuración y Ayuda. Las opciones y utilidad de cada uno de ellos vienen resumidos en la tabla siguiente.

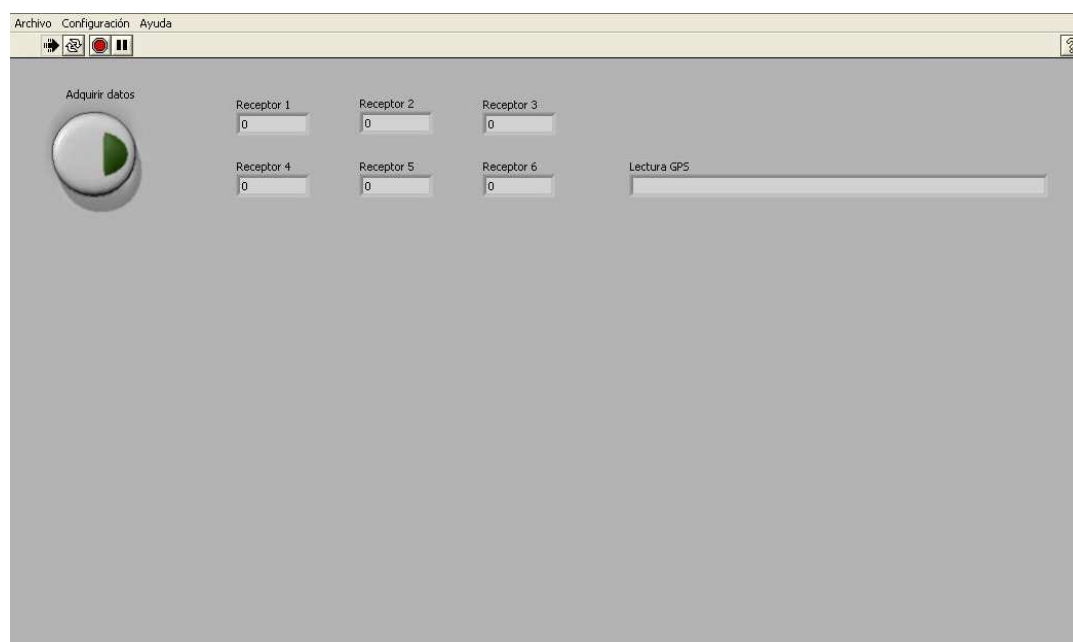
Submenú	Apartado	Subapartado	Función
Archivo	Adquirir Datos	Resumen	Muestra la pantalla de adquisición resumida
		Completo	Muestra la pantalla de adquisición completa
	Camino de salida		Permite cambiar el directorio de salida y el nombre de los archivos que se generarán
	Cerrar		Cierra el programa
Configuración	Receptores		Permite seleccionar los receptores que se van a utilizar para la adquisición
	Avanzada		Permite cambiar la configuración de los puertos
Ayuda	Ayuda		Abre la ayuda
	Acerca de...		Información sobre la versión del programa

**Tabla E.2.1** Resumen de la utilidad de cada submenú

### E.2.1 Submenú Archivo

#### E.2.1.1 *Adquirir Datos Resumen*

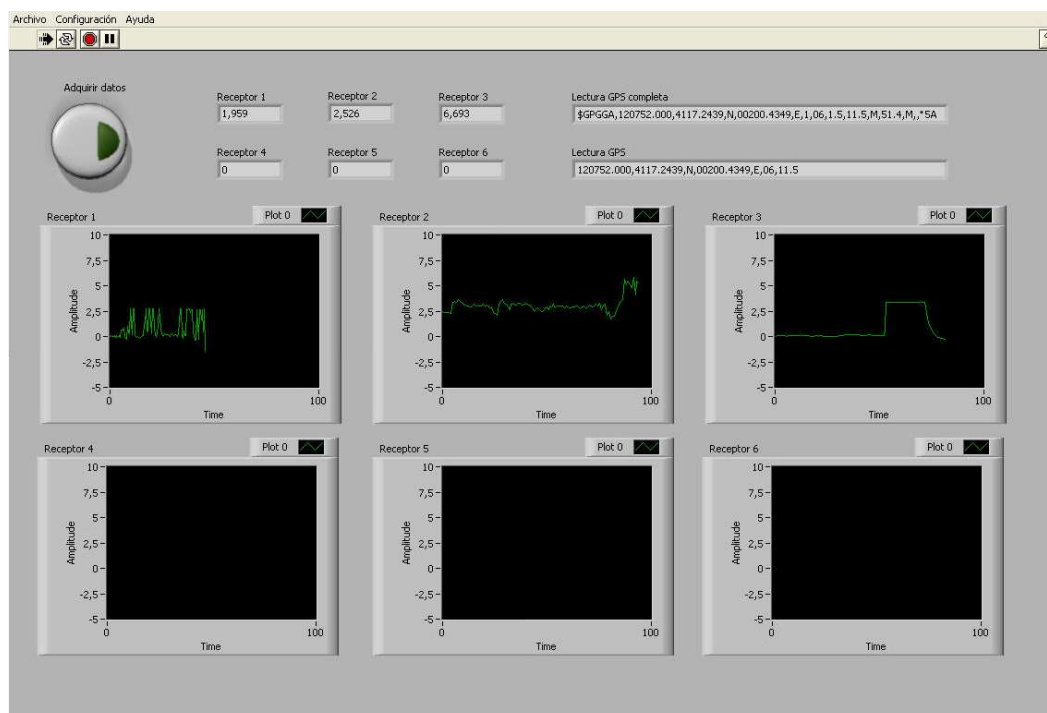
Esta opción muestra la pantalla de adquisición de datos en su versión resumida. En ella sólo se muestra la media del valor de campo captado por cada receptor y los datos de interés captados por el GPS. A la izquierda de la pantalla aparece el botón Adquirir datos con el que podemos iniciar o detener la adquisición.



**Fig. E.2.1** Pantalla Adquirir datos Resumen

### E.2.1.2 *Adquirir datos Completo*

Esta opción muestra la pantalla de adquisición de datos en su versión más extensa. Además de todos los datos de la versión resumida también se muestra la señal adquirida por cada receptor en forma de onda y todas las sentencias con los datos transmitidos por el GPS. Desde esta pantalla también se puede iniciar o detener la adquisición de datos.

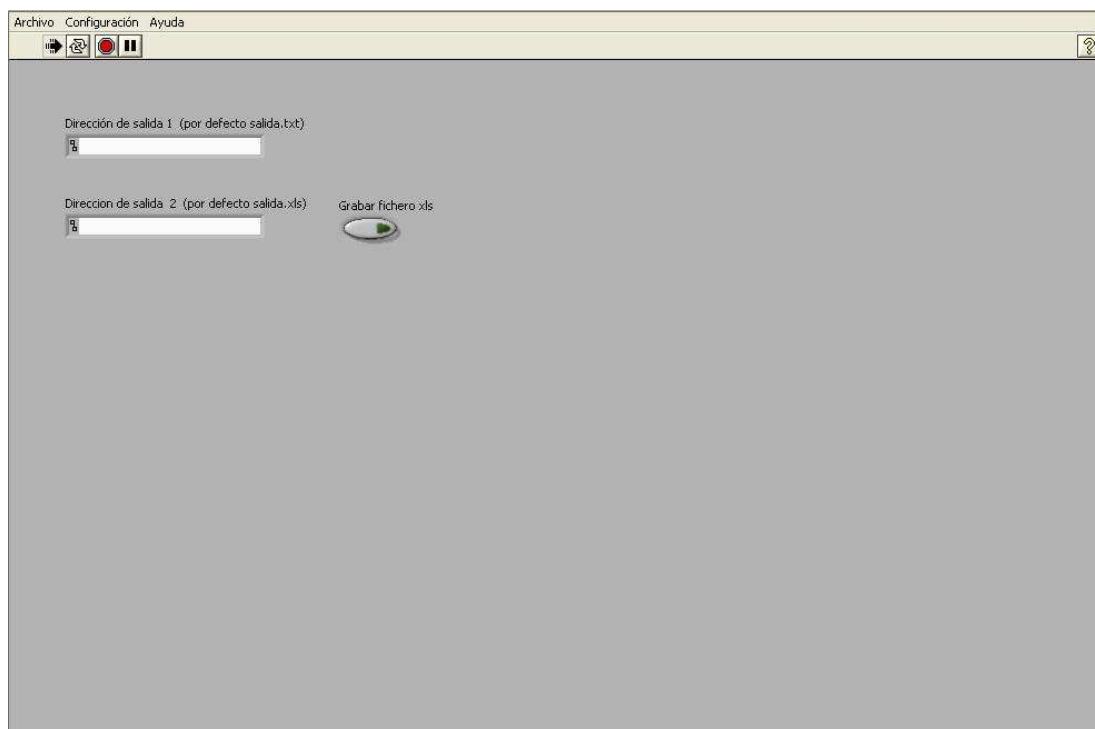


**Fig. E.2.2** Pantalla Adquirir datos Completo



### E.2.1.3 Camino de salida

Esta opción permite cambiar la dirección y el nombre de los ficheros de salida. De forma predeterminada el software genera un archivo datos.txt. También se puede generar un archivo datos.xls pulsando el botón Grabar fichero xls. Los ficheros generados se dejan en C:\Sistema\_multirreceptor\\Datos. Para cambiar la dirección de salida o el nombre de los archivos basta con escribir la nueva en los recuadros.



**Fig. E.2.3** Pantalla Camino de salida

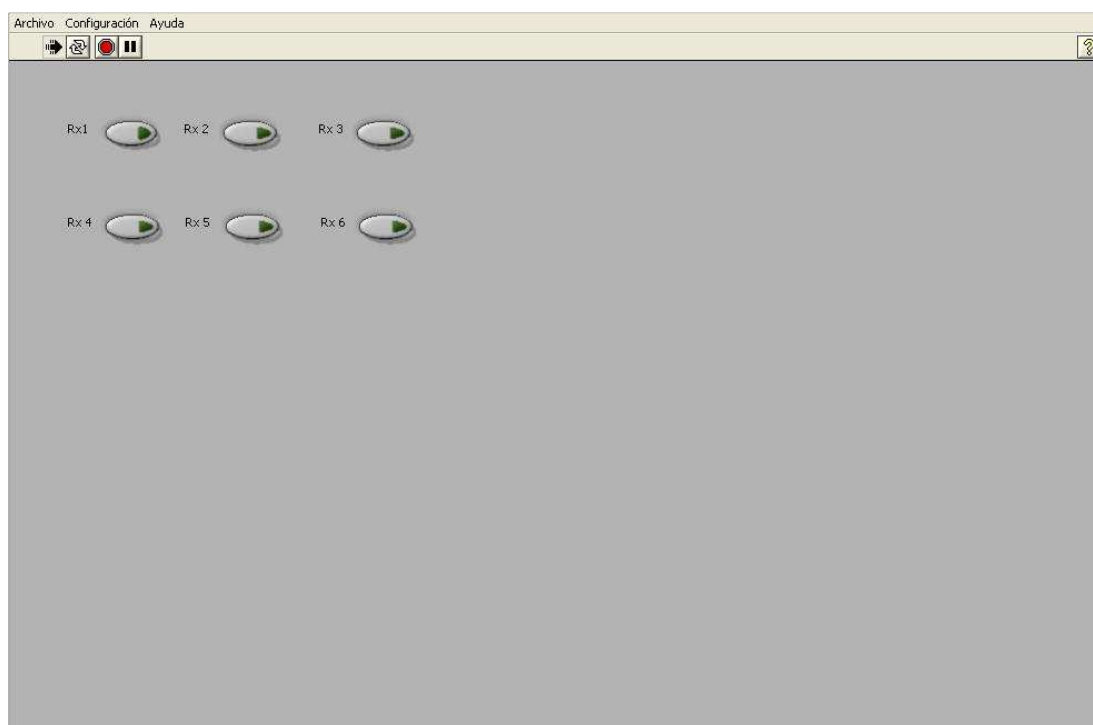
### E.2.1.4 Cerrar

Cierra la aplicación

## E.2.2 Submenú Configuración

### E.2.2.1 Receptores

Desde esta pantalla se activan o desactivan los receptores que van a realizar la adquisición, para ello basta con pulsar los botones deseados.

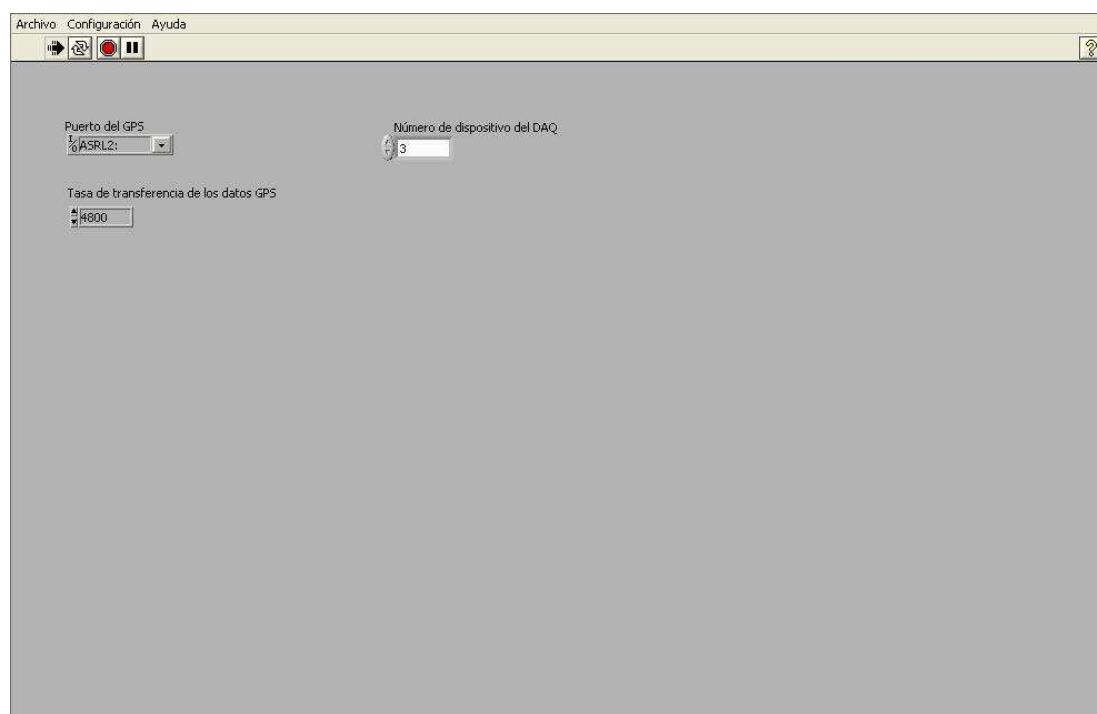


**Fig. E.2.3** Pantalla Configuración Receptores

#### *E.2.2.2 Avanzada*

Permite realizar algunas modificaciones en la configuración de los periféricos. Es absolutamente necesario que los datos de esta pantalla sean correctos para que se pueda realizar una adquisición. Las opciones disponibles son las siguientes:

- Puerto del GPS: Menú desplegable con los puertos ocupados. Hay que seleccionar el puerto al que está conectado el GPS.
- Tasa de transferencia de los datos GPS: Por defecto 4800 bps. Si se desea cambiar esta opción habrá que cambiar también la configuración del puerto y del propio GPS.
- Número de dispositivo del DAQ: Número del DAQ según el gestor de dispositivos propio del módulo de adquisición. Se puede consultar abriendo la aplicación Advantech Device Manager, disponible en el software Advantech que se incluye con el módulo.



**Fig. E.2.3** Pantalla Configuración avanzada

## E.2.3 Submenú Ayuda

### E.2.3.1 Ayuda

Abre este documento

### E.2.3.2 Acerca de...

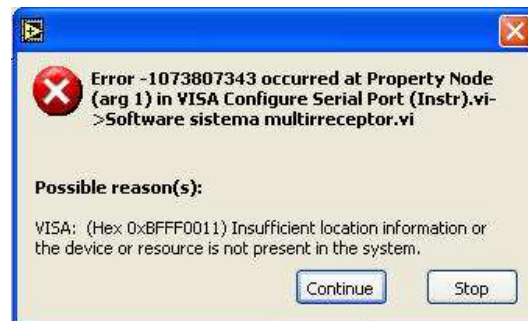
Informa sobre la versión del programa

## E.3. Errores habituales

### E.3.1 Error en la configuración de un dispositivo

Si el DAQ no está conectado o no lo está al puerto indicado en el apartado Configuración avanzada, el sistema informará de este hecho. La solución pasa por conectar el DAQ y seleccionar el número otorgado por el Advantech Device Manager.

El mismo error se da en caso de no tener conectado el GPS o no tenerlo conectado en el puerto indicado. La solución es la misma sólo que, en este caso, el puerto al que está conectado el GPS viene indicado por el Administrador de dispositivos de Windows



**Fig. E.3.1** Pantalla de error indicando que no se encuentra un dispositivo

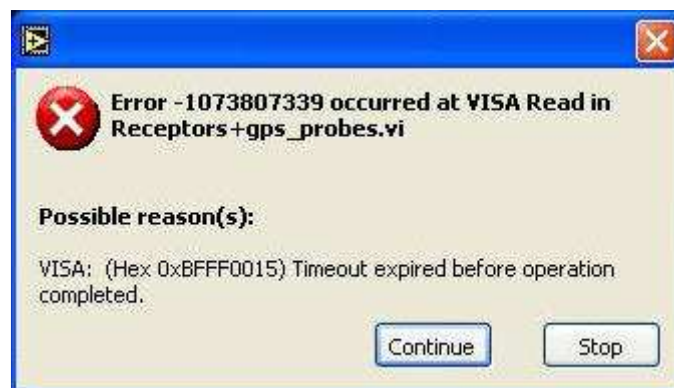
Este error generará a su vez un error al intentar cerrar el dispositivo. Los dos se solucionan al mismo tiempo.



**Fig. E.3.2** Pantalla de error indicando que no se puede cerrar un dispositivo

### E.3.2 Dispositivo incorrecto

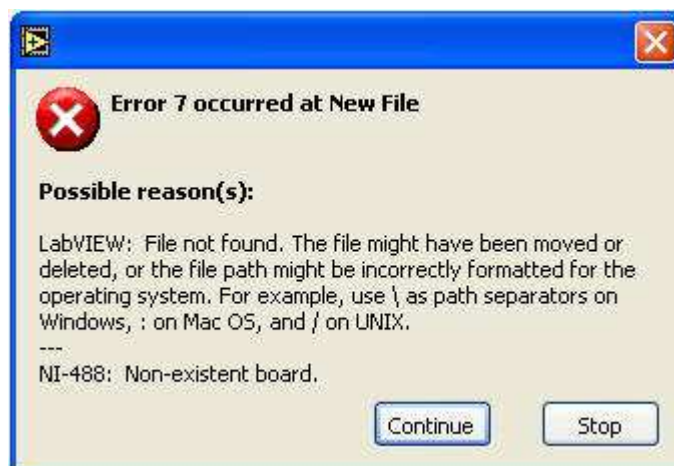
Este error aparece cuando en el puerto seleccionado para el GPS hay algún dispositivo, pero no es el receptor GPS. El error se produce cuando el sistema intenta establecer comunicación con el receptor, pero este no responde. Para solucionarlo hay que buscar en el Administrador de dispositivos de Windows cual es el puerto al que está conectado el GPS.



**Fig. E.3.3** Pantalla de error indicando que no se puede establecer conexión con el GPS

### E.3.3 Camino de salida incorrecto

Si se especifica una dirección de salida imposible, aparecerá este error. La solución pasa por introducir una dirección válida.



**Fig. E.3.4** Pantalla de error indicando un error en el camino de salida

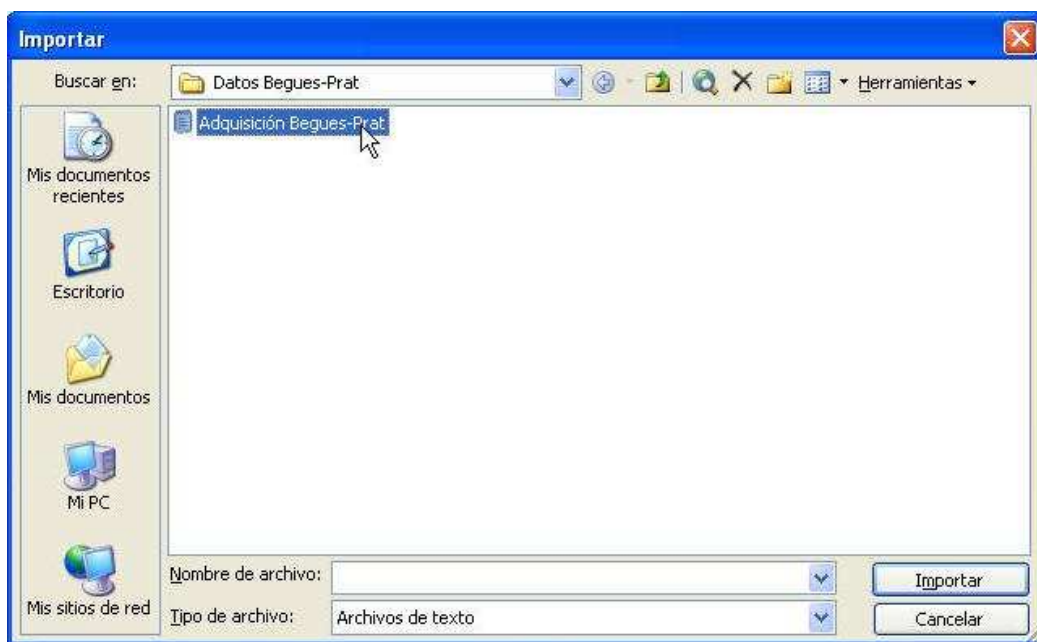






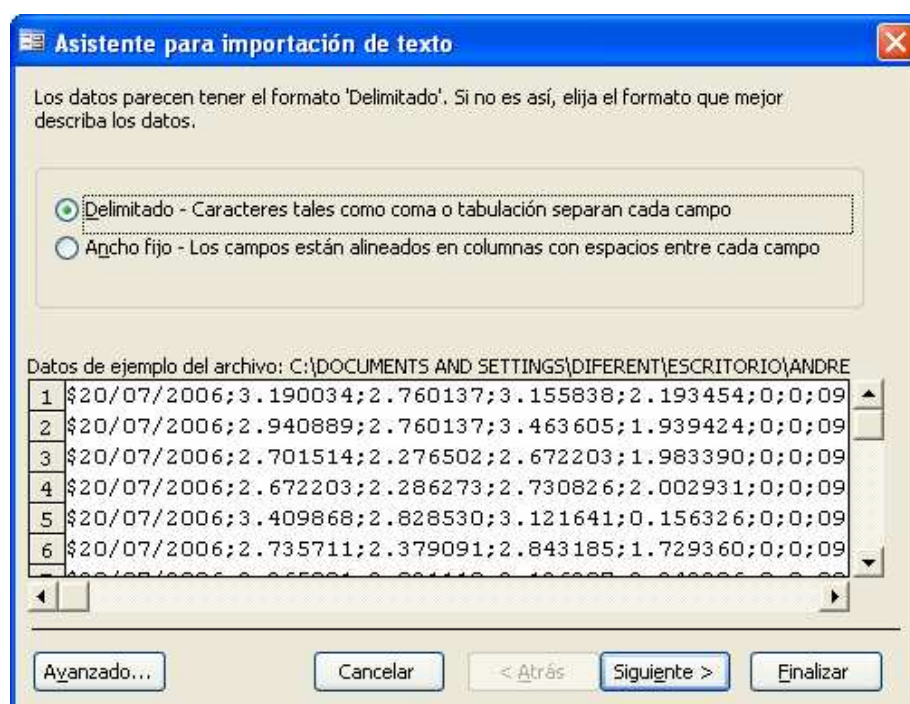
**Fig. F.2** Pantalla del asistente para la creación de una base de datos.

Desde la opción *Tipo de Archivo* → *Archivos de texto (\*.txt;\*.csv;\*.tab;\*.asc)*, seleccionar el archivo a importar.



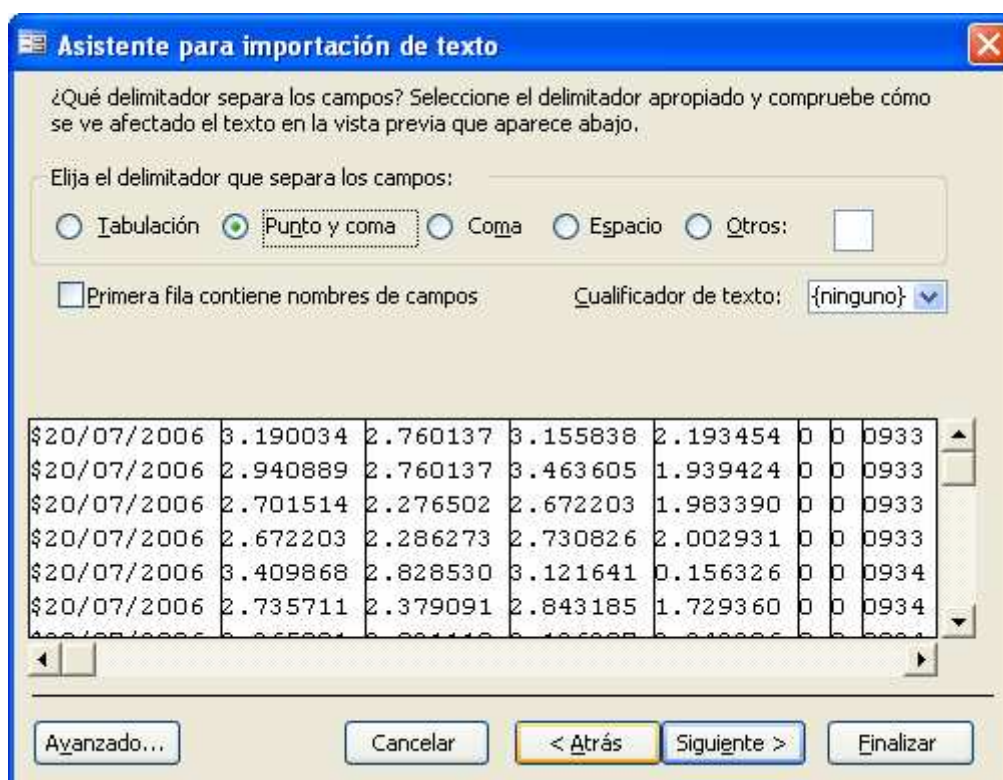
**Fig. F.3** Pantalla importar

Seleccionar la opción “Delimitado”, puesto que los campos están separados por punto y coma.



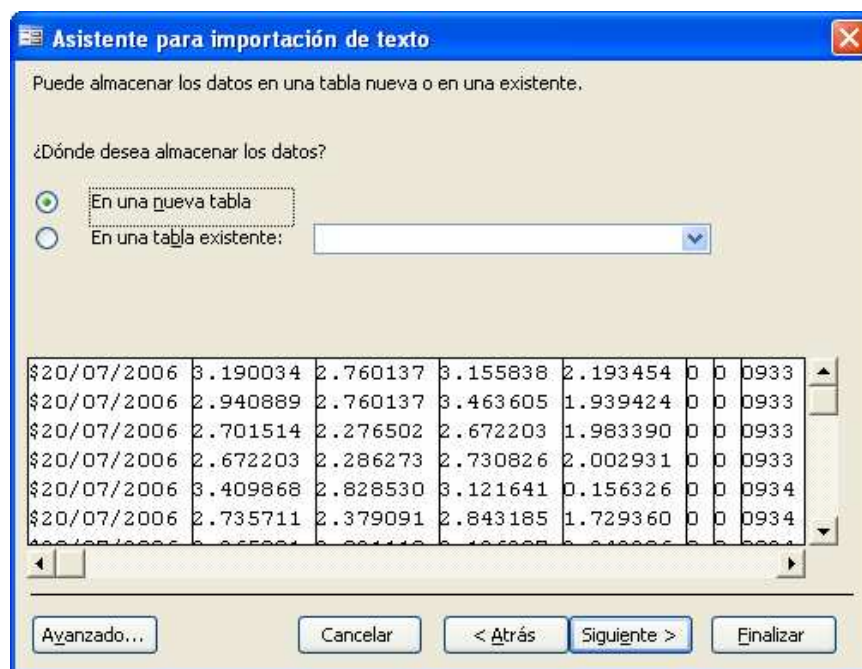
**Fig. F.4** Primera pantalla del asistente para la importación de texto

Pulsar “Siguiente”, y seleccionar “Punto y coma” como separador de campos.



**Fig. F.5** Segunda pantalla del asistente para la importación de texto

Pulsar “Siguiente”, y almacenar los datos en una tabla nueva, para evitar sobreponer los nuevos datos a datos ya existentes.



**Fig. F.6** Tercera pantalla del asistente para la importación de text

En la siguiente pantalla aparecerán todos los campos que habrá en la base de datos, sin ningún nombre de campo. Seleccionar campo por campo y hacer un cambio de nombre. Cambiar el tipo de dato por defecto de “Entero largo” a “Texto”.





**Fig. F.7** Cuarta pantalla del asistente para la importación de texto

Después de pulsar “Siguiente”, se nos comunicará que la tabla no está indexada ya que no se ha definido un campo tipo ID. Seleccionar la opción “Permitir a Access agregar la clave principal”, y después pulsar “Siguiente”.





**Fig. F.8.** Quinta pantalla del asistente para la importación de texto.

Dar a la tabla el nombre más indicado.



**Fig. F.9** Pantalla final del asistente para la importación de texto

## F.2 Creación de los campos auxiliares

Una vez llenada la base con los datos de los ficheros, es necesario agregar algunos campos más que permitan realizar operaciones al programa. Esto hay que realizarlo manualmente.

Para poder representar los datos en su ubicación adecuada, es necesario traducir la posición del formato de grados y minutos a solo grados. Haciendo esto será posible trabajar con un sistema decimal, lo que facilita enormemente todo el proceso. La expresión que describe este cambio para la latitud es

$$\text{Posición (º)} = \text{gg} + \left( \frac{\text{mm.mmmm}}{60} \right) \quad (4.1)$$

Su resolución debe ser llevada a cabo en distintos pasos. Primero es necesario separar los campos longitud y latitud en dos partes cada uno de modo que queden por un lado los grados y por otro los minutos. Hacer esto en Acces es complejo pues no existe ninguna función para truncar números. Trabajando en Excel, se puede conseguir del siguiente modo:

- Se divide la latitud entre 100 (pues hay dos dígitos representando los minutos)
- Se aplica la función de Excel TRUNCAR, que elimina la parte decimal.
- Se multiplica de nuevo el campo por 100 obteniéndose así los minutos aislados.
- Los minutos se dividen entre 60 y se suman a los grados iniciales.

La fórmula para el caso de la longitud es análoga y su resolución también.

Una vez se dispone de la posición en grados, se elige un punto cualquiera como origen de coordenadas para hacer una traslación. En el caso descrito se utiliza un punto situado a 38,79º N y 1,47º E.

Finalmente, para dibujar sobre la imagen, será necesario traducir toda la información a píxeles. Para ello hay que hallar la equivalencia entre píxeles y grados y aplicar el factor de conversión a los datos.

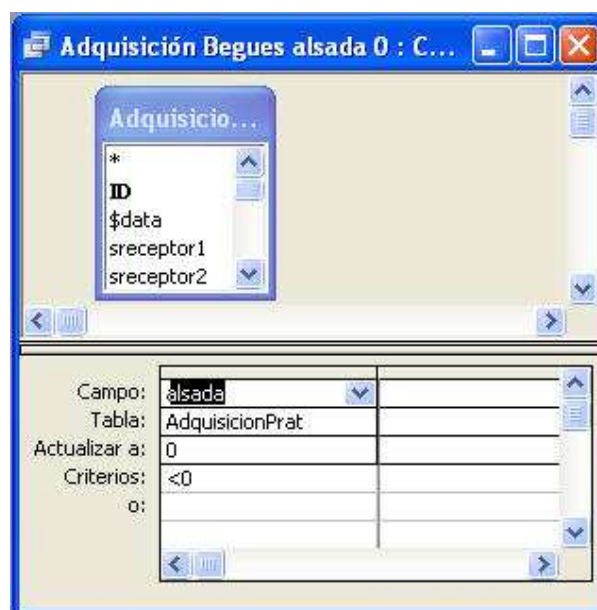
## F.3 Consultas de actualización

Para evitar errores durante la ejecución, hay que eliminar los datos que no tengan sentido físico y/o se salgan de rango. Esto puede darse en el caso de la altura y del campo captado por los receptores, pues es posible que los instrumentos hayan dado valores negativos. Lo más adecuado en ambos casos es igualar el valor a 0. Esto se hará mediante consultas de actualización a la base de datos.



**Fig F.10.** Ventana para la ejecución o creación de consultas

Para realizar una consulta de actualización hay que abrir el menú “Consultas”. Se puede elegir entre realizar una consulta utilizando el asistente o realizarla de forma manual, siendo recomendable elegir la primera opción. Una vez elegidas las tablas y campos sobre los que queremos realizar la consulta, esta es creada y se debe editar. Para ello elegir la opción “Diseño” de la barra de herramientas de la ventana de “Consultas”. En ella deberemos introducir las condiciones deseadas y las acciones a llevar a cabo.



**Fig F.11.** Ventana de diseño de consultas

## **G. Planes de vuelo**

### **G.1. FPL1**

### **G.2. FPL2**

### **G.3. FPL3**

### **G.4. FPL4**

### **G.5. FPL5**



